

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

**Racionalizace výroby při obrábění odlitků**  
***Production Rationalization when Cast Stock Machining***

Student:  
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Jiří Široký  
Ing. Robert Čep Ph.D

OSTRAVA 2010

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Široký**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Racionalizace výroby při obrábění odlitků**  
**Production Rationalization when Cast Stock Machining**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Možnosti obrábění litin.
3. Výběr typického představitele.
4. Rozbor stávající výroby.
5. Návrh nové technologie pro vybraného představitele.
6. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.  
ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.  
VASILKO Karol. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.  
BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; SADÍLEK, Marek; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ, Jana. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007 Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



  
prof. Dr. Ing. Josef Brychta  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## PROHLÁŠENÍ STUDENTA

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

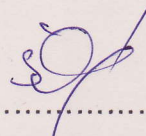
V Ostravě ..... 19.9. 2017 .....

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121 – 200 sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst.3)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzádním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 19.9. 2010 .....



.....  
Jiří Široký  
Hradiště 161  
735 42 Těrlicko

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ŠIROKÝ, J. Racionalizace výroby při obrábění odlitků, Ostrava: Katedra obrábění a montáže – 346, VŠB – TU, 2010, 59 stran, vedoucí diplomové práce: Ing. Robert Čep Ph.D.

V úvodu diplomové práce je stručně popsána firma Třinecké železářny a její dceřiná společnost Strojírny Třinec, která se podílí na probíhající generální opravě koksové baterie. Jelikož značná část zařízení je sestavena z odlitků, je hlavním tématem práce navrhnout v daných podmínkách strojírenského podniku parametry, nástroje a pomůcky při obrábění odlitků z šedé litiny, aby bylo dosaženo zkrácení doby související s opracováním vybrané součásti. V závěru jsou zhodnoceny dosažené výsledky s důrazem na ekonomickou stránku. Finanční přínos je vyčíslen na základě porovnání se stávající výrobou.

## ANNOTATION OF THESIS

ŠIROKÝ, J. Production Rationalization when Cast Stock Machining, Ostrava: Department of Machining and Assembly, VŠB- TU, 2010, 59 pages, Supervisor of the thesis: Ing. Robert Čep Ph.D.

At the beginning of this thesis is briefly described the company Třinecké železářny and it's sub-company Strojírny Třinec, which is participating in the ongoing general repair of the coke- oven batteries. Since the considerable part of the machinery is build- up from casting, the main subject is to suggest in the existing conditions of the engineering corporation the parameters, tools and utilities at the machining of casting from the grey cast iron, in order to achieve the reduction of the time associated with the machining of the chosen component. In conclusion, the results are reviewed with the emphasis on the economical side. The financial contribution is specified on the base of the comparison with the current production.

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| Obsah .....  | 2  |
| Seznam použitého značení a zkratek .....                                     | 3  |
| 1. Úvod do problematiky .....  | 5  |
| 1.1 Vznik a historie firmy .....   | 6  |
| 1.2 Strojírny Třinec .....   | 6  |
| 2. Možnosti obrábění litin .....   | 7  |
| 2.1 Označování tříd obrobiteľnosti litin .....                               | 8  |
| 2.2 Frézování .....  | 9  |
| 2.2.1 Princip a význam frézování .....                                       | 9  |
| 2.3 Řezné doporučené materiály pro obrábění litiny .....                     | 14 |
| 3. Výběr typického představitele .....                                       | 18 |
| 3.1 Druhy litin .....  | 18 |
| 3.2 Litina s lupínkovým grafitem .....                                       | 19 |
| 3.3 Základní údaje obráběného odlitku .....                                  | 20 |
| 3.4 Výroba ve Slévárnách Třinec .....  | 22 |
| 4. Rozbor stávající výroby .....   | 23 |
| 5. Návrh nové technologie pro vybraného představitele .....                  | 29 |
| 5.1 Popis použitého stroje .....   | 29 |
| 5.2 Výpočet trvanlivosti břitu frézy 80A 15R SXS 12 CN12 .....               | 33 |
| 5.3 Výpočet trvanlivosti břitu upravené válcové frézy .....                  | 34 |
| 5.4 Výpočet jednotkového strojního času při použití nástroje z RO a SK ..... | 36 |
| 5.5 Návrh vhodných záběrových podmínek .....                                 | 39 |
| 5.6 Využití efektivnějšího přípravku .....                                   | 45 |
| 6. Technicko - ekonomické zhodnocení .....                                   | 46 |
| 6.1 Náklady při použití nástroje z RO .....                                  | 46 |
| 6.2 Náklady při použití nástroje s VBD .....                                 | 48 |
| 6.3 Zhodnocení nákladů v závislosti na geometrii nástroje .....              | 49 |
| 7. Závěr .....   | 51 |
| 8. Použitá literatura a studovaný materiál .....                             | 54 |
| 9. Seznam příloh .....   | 55 |

## Seznam použitého značení a zkratek

| Zkratka  | Výklad  | Jednotka            |
|----------|---|---------------------|
| $C_d$    | cena břitové destičky                                     | [Kč]                |
| $C_t$    | cena tělesa nástroje                                      | [Kč]                |
| CVD      | Chemical Vapour Deposition = chemické vakuové napařování  |                     |
| D        | průměr nástroje   | [mm]                |
| GO       | generální oprava  |                     |
| HRC      | tvrdost podle Rockwella                                   |                     |
| HRP      | hodinový režijní paušál ostřírny                          | [Kč/hod]            |
| L        | dráha nástroje ve směru posuvového pohybu                 | [mm]                |
| $M_{os}$ | mzda ostřiče  | [Kč/hod]            |
| MS       | Moravia Steel   |                     |
| $N_c$    | náklady celkové   | [Kč]                |
| $N_T$    | náklady na nástroj vztažené na jednu trvanlivost          | [Kč]                |
| $N_s$    | náklady na strojní práci                                  | [Kč]                |
| $N_{vm}$ | náklady na minutu vedlejší práce                          | [Kč]                |
| PVD      | Physical Vapour Deposition = fyzikální vakuové napařování |                     |
| RO       | rychlořezná ocel  |                     |
| T        | trvanlivost břitu   | [min]               |
| TŽ       | Třinecké železářny  |                     |
| VBD      | vyměnitelné břitové destičky                              |                     |
| $a_e$    | radiální hloubka řezu                                     | [mm]                |
| $a_p$    | šířka záběru ostří  | [mm]                |
| c        | exponent z Taylorova vztahu                               | [-]                 |
| $c_n$    | cena nástroje   | [Kč]                |
| $c_{vT}$ | exponent z Taylorova vztahu                               | [-]                 |
| h        | hloubka řezu  | [mm]                |
| $f_z$    | posuv na zub  | [mm]                |
| i        | počet záběrů nutných k odebrání přídavku                  | [-]                 |
| l        | výkresová délka opracované plochy                         | [mm]                |
| $l_n$    | délka náběhu  | [mm]                |
| $l_p$    | délka přeběhu   | [mm]                |
| n        | počet otáček  | $[\text{min}^{-1}]$ |

|            |  |                         |
|------------|--|-------------------------|
| $s_b$      | součinitel využití břitových destiček                              | [-]                     |
| $t_{Av}$   | jednotkový čas vedlejší  | [min]                   |
| $t_{AS}$   | čas strojního opracování   | [min]                   |
| $v_c$      | řezná rychlost   | [m•min <sup>-1</sup> ]  |
| $v_f$      | posuvová rychlost  | [mm•min <sup>-1</sup> ] |
| $z$        | počet zubů na nástroji   | [-]                     |
| $z_b$      | počet břitů na destičce  | [-]                     |
| $z_d$      | počet břitových destiček na nástroji                               | [-]                     |
| $z_o$      | počet možných přestřehů nástroje                                   | [-]                     |
| $z_u$      | předpokládaný počet upnutí destiček za dobu životnosti             | [-]                     |
| $z_v$      | počet výměn vztažený na obrobek jednoho kusu                       | [-]                     |
| $\kappa_r$ | úhel nastavení hlavního ostří                                      | [°]                     |
| $\tau$     | podíl výkresové délky ku dráze nástroje ve směru posuvového pohybu |                         |



# 1. Úvod do problematiky

Skupina Třinecké železářny a Moravia Steel, přes značné komplikace, problémy a veškerá další možná úskalí, které s sebou přinesla světová finanční a ekonomická krize, za jejíž počátek lze považovat konec roku 2008, se právě v této době rozhodovala o svých dalších nemalých investičních akcích, jakou je modernizace jedné z koksových baterií. Je to akce, která patří k největším v desetiletí. Celková částka investovaná činí celkem 2 miliardy Kč. Je to jeden z dalších důležitých kroků, které tato skupina investuje do modernizace, ekologických projektů a zvyšování výroby výrobků s vyšší přidanou hodnotou. Tyto aktivity i přes pokles poptávky po válcovaném a ostatním sortimentu na celosvětovém trhu a zároveň poklesu cen, mají nesmírnou váhu, ať už se to týká jak k udržení konkurenceschopnosti, udržení výroby, na což navazuje další neméně závažná ekonomicko sociální problematika, která je aktuální pro tento region zasažený restrukturalizací hutního průmyslu. Touto problematikou je zabránění zvyšování nezaměstnanosti a zachování sociálního smíru. Toto nejsou přehnaná anebo přeceněná slova, poněvadž TŽ-MS představují v regionu těšínska a třinecka největšího zaměstnavatele, ať už se to týká kmenových zaměstnanců, zaměstnanců z řad dceřiných společností a následně navázaných činností jako jsou služby, obchod, doprava atd.

Ve výběrovém řízení týkajícího se dodávek, ať už se jedná o drobné součásti nebo součásti větších rozměrů a taktéž montovaných celků uspěla firma Strojírny Třinec. Vedení firmy bylo postaveno před nelehký úkol, který spočívá hlavně ve správném zkoordinování výroby s ohledem na dodávky odlitků, které představují série ve stovkách až tisíci kusech. Jakékoliv nedodržení stanovených termínů ve výrobě představuje pro další navazující stavebně - montážní práce přímo na místě generální opravy problémy s vážnými důsledky. Bylo tedy rozhodnuto vedením hledat cesty jak zrychlit výrobu, najít co možná nejlepší řešení ve všech fázích výroby.

Tyto potřeby zefektivnit průběh celého procesu, nastaly již od počátku realizace takto rozsáhlé zakázky, jsou hlavním tématem této diplomové práce, která pojednává o racionalizaci při opracování odlitků. Konkrétní typ odlitku bude popsán podrobně v samostatné kapitole. Zde je nutno uvést, že samostatné opracování nebylo pro firmu ničím novým, poněvadž tento odlitek již dodávali provozu koksovna v minulosti, ale jen jako náhradní díl a navíc pouze v počtech maximálně 5 kusů. V kusové výrobě, která je hlavní skladbou firmy Strojírny Třinec, není většinou možné dosáhnout požadovaných

snížení výrobních strojních časů výrobou speciálního nářadí, přípravků, poněvadž celkové náklady vzrostou podstatně více než jsou náklady na čas opracování, takže se v minulých realizovaných zakázkách neprováděly zásadní změny.

Nyní je ale situace úplně jiná. Jak už bylo popsáno výše, bylo před technologií a normovače postaveno zadání hledat cesty ke zkrácení výrobních časů strojních i vedlejších. Tento úkol byl zpracován dle možností strojního vybavení firmy a rovněž za pomoci kooperace firmy, která Strojárnám Třinec na zakázku vyrobila speciální nástroje. Toto taktéž bude popsáno v dalších kapitolách.

## **1.1 Vznik a historie firmy**

Počátky vzniku třineckých železáren jsou v druhé polovině 19. století. Vývoj a rozvoj byl ovlivněn všemi etapami změn společenských řádů a světových válek. Po znárodnění v roce 1946 socialistická společnost silně preferovala těžký průmysl a následně zvyšování produkce válcovaného materiálu, jejíž vrcholu bylo dosaženo v 80. letech 20. století. K pozitivním stránkám patřilo zavádění moderních hutních technologií. Nejvýznamnější investice tohoto období byla vybudování kyslíkové konvertorové ocelárny s následným blokovým a později sochorovým kontilitím. Poslední změna politického systému v roce 1989 vedla k postupné privatizaci, což došlo ke stavu, který trvá až po současnost.

Hlavním majoritním vlastníkem je akciová společnost Moravia Steel. Po vyčleňování subjektů, které přímo nesouvisí s hutní výrobou, vznikají další dceřiné společnosti a také nové akvizice. Mezi nejvýznamnější patří Energetika Třinec a. s., Strojírny Třinec a. s., Slévárny Třinec a. s., Refrasil, s. r. o., Řetězárna, a. s., Sochorová válcovna TŽ a. s., Ferromoravia s. r. o. a Vítkovice Válcovna trub a. s.

## **1.2 Strojírny Třinec**

Strojní obrábění, které je hlavní náplní této práce probíhá ve firmě Strojírny Třinec. I když tato společnost vznikla nedávno, funguje již 125 let. Její dřívější náplní byla hlavně údržba Třineckých železáren. V současnosti jsou hlavní produkcí technologické celky, zařízení pro hutní provozy, ocelové konstrukce, hutní válce, strojní součástí, náhradní díly, upevňovací prvky železničního svršku aj. Základ společnosti tvoří výrobní provozy Drobné kolejivo, Mechanické dílny a Soustružna válců.

## 2. Možnosti obrábění litin

Litina má podstatně nižší hodnoty mechanických vlastností než ocel – menší pevnost a nepatrnou tažnost. Při jejím obrábění vzniká podstatně menší množství tepla. Přechod tepla z třísky do nástroje je malý, neboť drobená tříska má malou plochu styku s nástrojem a dotýká se ho v krátkém čase. Ale naproti tomu zase drobená tříska vzniká vylamováním jednotlivých elementů nepravidelných tvarů bez vzájemné souvislosti. Mívá tvar šupin nepravidelných úlomků, drobných zrnek a podobně. Tento typ třísky dává v pozorování s třískami dalšími horší obroběný povrch.

Další cennou vlastností litiny je, že při jejím obrábění se nevyskytují samobuzené kmity. Oproti tomu však litina má značný brousící účinek na nástroj což způsobuje, že litinu je třeba zařadit mezi hůře obrobitelné materiály.

Vázaný uhlík ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), tzv. volný cementit zhoršuje obrobitelnost litiny.

Uhlík v podobě grafitu značně zlepšuje obrobitelnost, avšak zvětšování rozměrů grafitu a jeho množství dosažené zvětšováním obsahu uhlíků se nedoporučuje, protože se zhoršují mechanické vlastnosti litiny a odlitky získávají pórovitou strukturu. Zjistilo se, že při dané pevnosti litiny z hlediska obrobitelnosti je výhodnější nízký obsah uhlíku a vysoký obsah křemíku, anebo vyšší obsah uhlíků a nižší obsah křemíků.

Křemík vyvolává grafítizaci uhlíků a proto zlepšuje obrobitelnost litiny. Optimálním množstvím z hlediska obrobitelnosti je obsah křemíku asi 2,5 až 2,7 %

Fosfor se vylučuje železem a tvoří tvrdý fosfor  $\text{Fe}_3\text{P}$ , který má silný brousící účinek, čím se zhoršuje obrobitelnost litiny. Škodlivý účinek fosfor se výrazně neprojeví jestliže jeho obsah nepřevýší 0,3 %.

Síra mangan při nízkých obsazích zlepšuje obrobitelnost. Zvýšením manganu nad 0,8 % zhoršíme obrobitelnost.

Z důvodu, že vybraná opracovaná součást je z nelegované litiny nebudou ostatní legury podrobně rozepisovány. Za zmínku stojí, že chrom a analogicky vanad zvyšují tvrdost a zhoršují obrobitelnost litiny.

Tvrdost jednotlivých složek určuje jejich brousící schopnost a vzájemnou adhezi což je důležitým činitelem v kritériu trvanlivosti nástroje.

Nejlépe se obrábějí litiny s feritickou a grafitickou mikrostrukturou, čehož se může dosáhnout žíháním. Nutno ovšem podotknout, že žíhání snižuje pevnost, a odolnost proti opotřebení, což není často přístupné.

## 2. 1 Označování tříd obrobiteľnosti litin

Normativ CNC 10-0-I/II díl první počítá s dvaceti třídami obrobiteľnosti při jejich zařazování. Podle těchto normativů jsou jednotlivé třídy obrobiteľnosti seřazeny tak, že jejich součinitelé obrobiteľnosti jsou odstupňovány v geometrické řadě s kvociemem 1,26.

Jemnější odstupňování součinitele obrobiteľnosti se využívají z podkladů zpracovaných firmou WIDIA, kde jsou materiály značné podle normy DIN rozděleny do tříd odstupňované v geometrické řadě s kvociemem 1,17 tj. , že litiny jsou zařazeny do 8 tříd a jsou označeny čísla 11 až 18.

*Tab. 1 Etalonové materiály pro třídy obrobiteľnosti litiny [7]*

| Třída obrobiteľnosti | 14a/11 | 13a/12 | 12a/13 | 11a/14 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Etalon ČSN           | 422534 | 422410 | 422415 | 422420 |
| Třída obrobiteľnosti | 10a/15 | 9a/16  | 8a/17  | 7a/18  |
| Etalon ČSN           | 422425 | 422430 | 422435 | 422308 |

*Tab. 2 Srovnání značení tříd obrobiteľnosti litin [7]*

|               | Třída obrobiteľnosti |     |     |     |     |    |    |    |
|---------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| CNC-10-0-I/II | 14a                  | 13a | 12a | 11a | 10a | 9a | 8a | 7a |
| WIDIA         | 11                   | 12  | 13  | 14  | 15  | 16 | 17 | 17 |

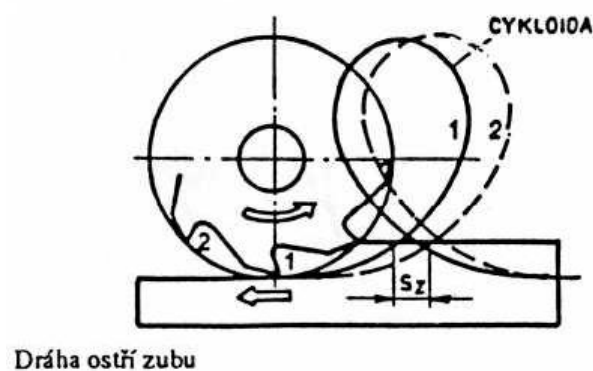
Litinu ze které je odlita součást určena ke strojnímu opracování a o které je tato práce, je možno opracovávat všemi základními způsoby strojního opracování (patří mezi ně především soustružení, frézování, hoblování, vrtání, obrážení, výroba ozubení aj.). Protože součást, kterou se zabývá tato práce se opracovává hlavně frézováním, bude popsána pouze základní charakteristika tohoto třískového obrábění.

## 2.2 Frézování

### 2.2.1 Princip a význam frézování

Frézování je operace třískového obrábění, při které je z obrobku odebrána vrstva materiálu ve formě jednotlivých drobných třísek rotačním vícezubým nástrojem- frézou. Fréza se při práci otáčí kolem své osy a svými zuby po obvodě se postupně zařezává do obrobku, který se proti nástroji současně posouvá. Každý zub frézy postupně odřezává z obráběného materiálu krátké třísky nestejně tloušťky, takže proces řezání je přerušovaný.

Touto metodou, použitím různých druhů frézovacích nástrojů, je možné obrábět na obrobcích především plochy rovinné, ale také plochy tvarové, šikmé, nepravidelné, rotační, dále drážky a vybrání různých tvarů, závitové drážky na rotačních plochách, různé druhy ozubení na ozubených kolech a hřebenech, rozdělování materiálu na různé délky apod. Toto široké uplatnění a možnost přesné výroby zařadily frézování na významné místo ve strojírenské výrobě. Frézování velkými řeznými rychlostmi ve většině případů umožňuje produktivnější a hospodárnější odebrání materiálu než při obrábění jednobřítými nástroji jako například hoblováním nebo obrážením. V některých zvláště složitých případech je frézování jediným možným způsobem obrábění.

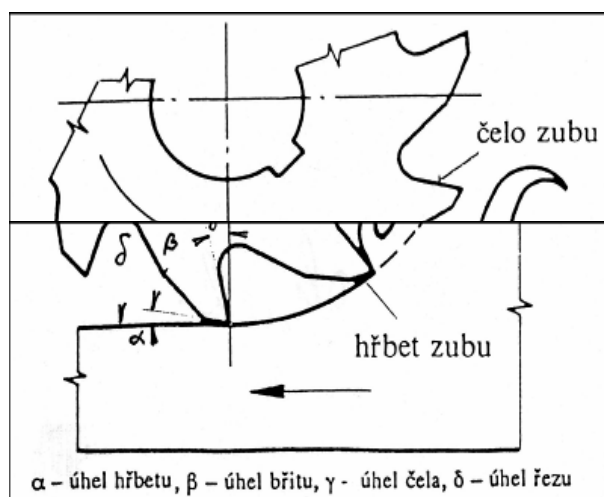


Obr.č.1 Dráha ostří zuby [10]

## Podstata frézování

Obrobek pevně upnutý na pracovním stole frézky vykonává směrem k nástroji plynulý pohyb - **pracovní posuv** - pohyb vedlejší. V některých případech (např. při výrobě ozubení odvalovacím způsobem) se místo obrobku posouvá otáčející se nástroj.

Každý břit frézy vykonává během řezání kromě otáčivého pohybu ve vztahu k obrobku relativně také pohyb posuvný. Z toho plyne, že záběrová dráha každého zubu není kruhová, ale ve skutečnosti tato dráha má tvar cykloidy. Jde o **řezný pohyb zubu** - pohyb hlavní. Aby břit mohl odebírat třísky, musí k tomu být náležitě upraven. Každý zub má klínovité provedení zakončené břitem, tvořeným dvěma plochami (čelem a hřbetem), v jejichž průsečíku vznikne ostří, které má schopnost odřezávat třísky. Čím ostřejší klín břit má, tím snadněji vniká do materiálu.



Obr. č. 2 Geometrie břitu frézy [10]

Vzájemná poloha ploch břitu nástroje a obrobku vytváří soustavu úhlů, které říkáme **geometrie břitu**. Hodnoty jednotlivých úhlů jsou závislé na druhu obráběného materiálu a u normalizovaných fréz mají stanovenou hodnotu - příklady jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 3 Závislost úhlu břitu na obráběném materiálu [10]

| Obráběný materiál              | Úhel čela $\gamma$ (°) | Úhel hřbetu $\alpha$ (°) |
|--------------------------------|------------------------|--------------------------|
| ocel do pevnosti 600 MPa       | 12 - 20                | 5 - 8                    |
| ocel do pevnosti 850 MPa       | 8 - 12                 | 4 - 6                    |
| šedá litina do tvrdosti 120 HB | 6 - 10                 | 5 - 6                    |
| šedá litina nad tvrdost 180 HB | 4 - 20                 | 3 - 5                    |
| měď                            | 12 - 20                | 5 - 6                    |
| mosaz, bronz                   | 0 - 12                 | 4 - 8                    |
| lehké slitiny                  | 15 - 30                | 8 - 12                   |
| plasty                         | 0 - 15                 | 4 - 6                    |

**Obráběná plocha** - jedná se o plochu, z níž se odebírá vrstva materiálu, která se mění v třísku.

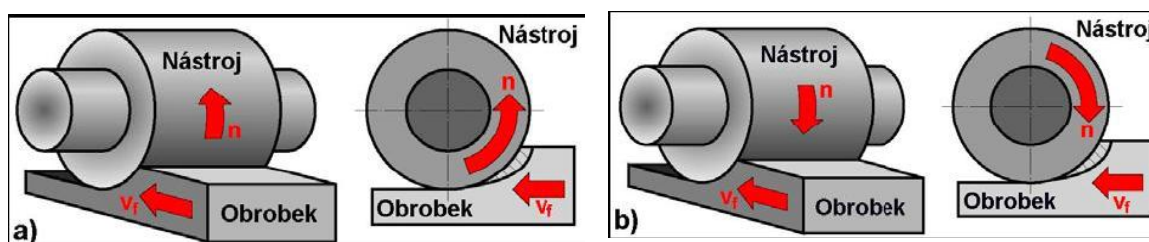
**Plocha řezu** - plocha, která se vytváří na obrobku hlavním a vedlejším břitem nástroje a tvoří přechod mezi obráběnou a obrobenou plochou.

**Obrobená plocha** - nově vytvořený povrch, vzniklý odebráním vrstvy materiálu.

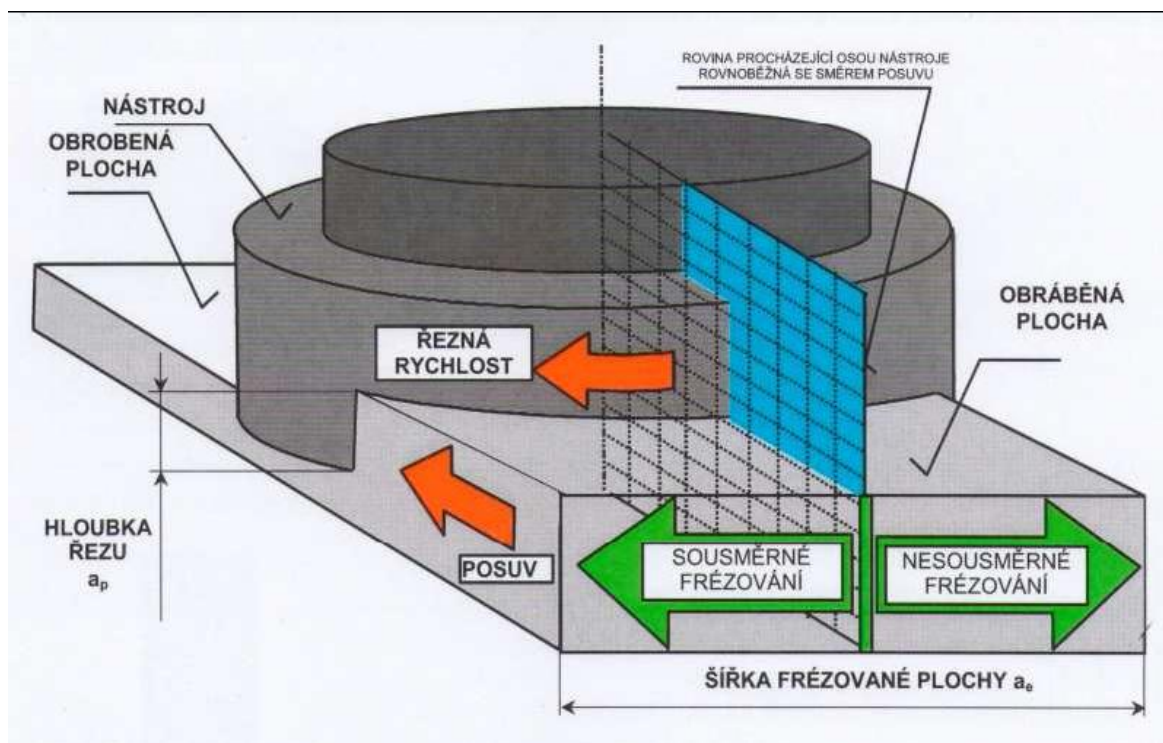
**Řezná rychlost** - jedná se o rychlost hlavního rotačního pohybu, kterou při frézování vykonává nástroj (u nástrojů s úhlem  $\chi_r = 90^\circ$  je řezná rychlost nezávislá na hloubce řezu apod.)

Z technologického hlediska se podle polohy osy nástroje k obráběné ploše rozlišuje frézování:

- válcové (obr.č. 3. a, b) – obvodem nástroje – osa nástroje je rovnoběžná s obráběnou plochou,
- čelní (obr. č. 4) – čelem nástroje – osa nástroje je kolmá na obráběnou plochu, hloubka řezu se nastavuje ve směru osy nástroje.



Obr. č. 3 Válcové frézování a) sousledné b) nesousledné [2]



Obr.č. 4 Čelní frézování [2]

Existují některé další způsoby frézování, které se odvozují od těchto základních způsobů:

- okružní – obvodem rotačního nástroje obrobku, který je rovněž rotačního tvaru – osy nástroje i obrobku jsou obvykle vzájemně skloněné a hloubka řezu se nastavuje ve směru kolmém na osu obrobku. Okružním frézováním lze obrábět vnější i vnitřní válcové plochy,
- planetové – pro obrábění vnějších i vnitřních válcových ploch.

Při válcovém frézování se využívají válcové a tvarové frézy. Zuby jsou pouze po obvodu nástroje, hloubka řezu se nastavuje v rovině kolmé na osu frézy a na směr posuvu. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení nástroje. V závislosti na smyslu otáčení nástroje rozlišujeme dva druhy válcového frézování:

- nesousledné (obr. č. 3 b),
- sousledné (obr. č. 3 a).



Při *nesousledném (nesousměrném)* frézování se nástroj pohybuje proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku. Charakteristickým znakem je proměnlivá tloušťka třísky (mění se od nulové hodnoty na hodnotu maximální). Při vnikání nástroje do materiálu z počátku břit materiál stlačuje. K oddělování třísky dochází v okamžiku, kdy tloušťka odřezávané vrstvy dosáhne určité velikosti. Důvodem je skutečnost, že ostří frézy není vlastně ostrá hrana, ale ploška o poloměru  $R = 8$  až  $30\ \mu\text{m}$ . Silové účinky a deformace, vznikající při nesousledném frézování, způsobují zvýšené opotřebení břitu .

*Výhody nesousledného frézování:*

- menší opotřebení stroje (šroubu a matice),
- záběr zubů nezávisí na hloubce řezu,
- na trvanlivost nástroje nemá vliv povrchu obrobku.

*Nevýhody nesousledného frézování:*

- zhoršená jakost obrobené plochy,
- směr síly frézování s ohledem na upnutí.

Smysl rotace nástroje je při *sousledném (sousměrném)* frézování ve směru posuvu obrobku. Tloušťka třísky se mění z maximální hodnoty do nuly. K tomu, abychom mohli na stroji provádět sousledné frézování, musí být frézka přizpůsobena tak, že se vymezi vůle a předpětí mezi posunovým šroubem a maticí stolu. Pokud není tato podmínka splněna, může dojít k poškození nástroje a dokonce i stroje [2] .

*Výhody sousledného frézování:*

- vyšší trvanlivost nástrojů,
- použití vyšších řezných rychlostí a posuvů,
- nižší řezný výkon,
- jednodušší upínání (síla řezání přitlačuje obrobek ke stolu),
- menší sklon ke kmitání,
- obrobená plocha dosahuje vyšší jakost.

*Nevýhody sousledného frézování:*

- nevhodné při obrábění polotovarů s tvrdým a znečištěným povrchem,
- silová zátěž každého zubu při záběru.

Při čelním frézování má nástroj umístěn břity na obvodu frézy, ale i na čele (na ploše kolmé k ose frézy). Podle polohy osy otáčení frézy vzhledem k obráběné ploše existují dvě základní metody:

- symetrické frézování – osa nástroje prochází středem frézované plochy,
- nesymetrické frézování – osa nástroje je mimo střed frézované plochy.

Na obr. č. 4 je jasně znázorněno, že při čelním frézování probíhá sousledné i nesousledné frézování současně.

### **Řezné podmínky**

Za řeznou rychlost  $v_c$  pokládáme obvodovou rychlost nástroje:

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000} \quad (2.1) [2]$$

$v_c$  ... řezná rychlost [m•min<sup>-1</sup>]  
 $D$  ... průměr nástroje [mm]  
 $n$  ... počet otáček [min.<sup>-1</sup>]

Ostatní vztahy budou použity a popsány v dalších kapitolách při konkrétních výpočtech.

## **2.3 Řezné doporučené materiály pro obrábění litiny**

Slinuté karbidy jsou dvoufázové nebo vícefázové materiály tvořené tvrdými karbidovými částicemi v kovové vazbě. Jsou to heterogenní slitiny vyráběné práškovou metalurgií. Základními karbidy pro výrobu všech běžných druhů slinutých karbidů pro obrábění jsou karbid wolframu (WC) a karbid titanu (TiC). Jako pojící kov se nejčastěji používá kobalt. Jako další přísady se nejčastěji používají karbidy tantalu (TaC), niobu (NbC) a chromu (Cr). Podle množství jednotlivých komponentů získáme řezné materiály s odlišnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Liší se také tvrdostí za vysokých teplot, odolností proti opotřebení, sklony je směsnému slinování, odporu proti oxidaci a

mechanickými vlastnostmi. Současné standardní slinuté karbidy pro řezné aplikace jsou na základě svého užití rozdělovány normou ISO 513 do šesti skupin – P, M, K, N, S, H.

P – slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají dlouhou plastickou třísku,

M – slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají dlouhou i krátkou třísku,

K – slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají krátkou křehkou třísku,

N – slinuté karbidy pro obrábění neželezných kovů, slitiny Al a Cu,

S – slinuté karbidy pro obrábění žárupevných slitin na bázi Ni, Co, Fe a Ti,

H – slinuté karbidy pro obrábění zušlechtěných ocelí s pevností nad 15000 Mpa

kalené oceli HRC 48 ÷ 60, tvrzené kokilové litiny Hsh 55 ÷ 58 [4]

### **Vliv jednotlivých komponentů na vlastnosti slinutých karbidů**

Karbid wolframu - je nositelem tvrdosti za vysokých teplot, odolnosti proti otěru a chemické stálosti. Karbid titanu - rostoucí obsah způsobuje stálost za vysokých teplot a tvrdost výrazněji než karbid wolframu. Na druhé straně snižuje odolnost proti otěru, zhoršuje se křehkost a snižuje se pevnost v ohybu. Zvětšuje součinitel tepelné roztažnosti, podstatně snižuje tepelnou vodivost. Karbid tantalu - v porovnání s karbidem wolframu zvyšuje stálost za vysokých teplot. Méně příznivě než karbid titanu ovlivňuje mechanické vlastnosti. Zlepšuje stálost vlastností při pulzující teplotě. Kobalt - je nositelem pevnosti a houževnatosti slinutých karbidů. S růstem kobaltu podstatně stoupá tažnost a pevnost slinutých karbidů. Kobalt slouží jako pojivo ve slinutých karbidech.

### **Použití slinutých karbidů pro obrábění**

**Skupina P** - je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, jako jsou uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli. Řezný proces je obvykle doprovázen velkými řeznými silami a značným opotřebením na čele. Přísada TiC zaručuje vysokou odolnost proti difuzi za vysokých teplot, která je jednou z hlavních příčin vytváření výmolu na čele nástroje v místě styku s odcházející třískou. Vhodnost slinutých karbidů skupiny P pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, je dána též vyšší tvrdostí TiC za vyšších teplot, ve srovnání s WC. Nevýhodnou vlastností TiC a tuhých roztoků na bázi TiC je jejich vyšší křehkost a nižší odolnost proti abrazi ve srovnání s WC.

**Skupina M** - má univerzální použití a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku, jako jsou lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné

litiny, vzhledem k relativně vysoké houževnatosti se SK této skupiny též často používají pro těžké hrubování a přerušované řezy.

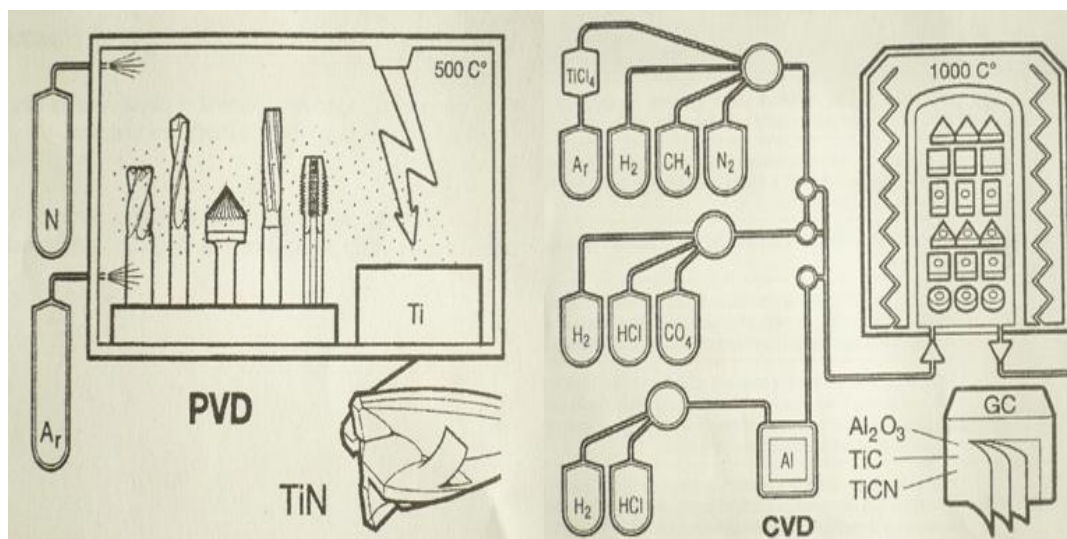
**Skupina K** - je určena pro obrábění materiálů, které vytvářejí krátkou, drobivou třísku pro použití zejména pro litiny, neželezné slitiny a nekovové materiály. Řezná síla je přitom obvykle relativně nízká a převládá abrazivní a adhezní opotřebení nástroje. Karbid wolframu, který tvoří jedinou tvrdou strukturní složku této skupiny SK, má za pokojové teploty zhruba stejnou tvrdost jako karbid titanu, s rostoucí teplotou ale ztrácí tvrdost rychleji než TiC. Proto jsou slinuté karbidy této skupiny nevhodné pro obrábění materiálů tvořících dlouhou třísku, která mnohem více tepelně zatěžuje čelo nástroje. Zatřídění podle použití uvnitř jednotlivých skupin je dáno pracovními podmínkami. Pod skupiny se označují dvojmístným číslem, které vyjadřuje houževnatost přiřazených druhů a jejich odolnost vůči otěru. V podskupinách s nízkým číslem jsou u všech tří hlavních skupin druhy s velkou odolností proti otěru a malou houževnatostí (např. P 10) a v podskupinách s vysokým číslem je to naopak [7].

**Povlakované slinuté karbidy** jsou vyráběny tak, že na podkladový materiál se nanáší tenká vrstva materiálu s velkou tvrdostí a vynikající odolností proti opotřebení. Tyto vlastnosti jsou dány zejména tím, že povlakový materiál neobsahuje žádné pojivo, má mnohem jemnější zrnitost a méně strukturních defektů. Běžně se jako povlakový materiál karbidu titanu (TiC), nitridu titanu (TiN) nebo oxidu hlinitého ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Pro povlakování se využívá metoda jednovrstvá (až 13  $\mu\text{m}$ ), nebo vícevrstvá s obvykle více komponenty. Podle principu dělíme metody povlakování do dvou základních skupin:

- **Metoda CVD** – chemické napařování v plynné fázi, probíhá za vysokých teplot (nad  $1000^\circ\text{C}$ ). Její výhodou je především výborná adheze mezi povlakem a povrchem, možnost nanesení větší tloušťky povlaku, povlakování předmětu a složitějších tvarech, variabilita typu povlaků. Nevýhodou je ovlivnění podkladového materiálu, nemožnost povlakové ostré hrany a tahová zbytková pnutí v povlaku [7].

- **Metoda PVD** – fyzikální napařování, probíhající při nižších teplotách (pod  $600^\circ\text{C}$ ). Původně byla tato metoda vyvinutá pro povlakování RO, dnes se hlavně používá pro povlakování materiálu ze SK, určených pro přerušovaný řez. Nepůsobí nepříznivě na vlastnosti podkladu, výhodou je i možnost povlakovat ostré hrany. Vyžaduje ale i mnohem důkladnější přípravu povrchu podkladu a má směrový účinek. K nevýhodám patří i menší

vrstva povlaku (kolem 5  $\mu\text{m}$ ) a menší variabilita výběru typu povlaku. Na obrázku č.5 jsou na schématu znázorněny metody povlakování PVD a CVD [7].



Obr.č. 5 Schéma metod povlakování [11]

Tab. 3. Základní údaje k různým druhům slinutých karbidů [12]

|  |    |    |    |      |      |      |
|--|----|----|----|------|------|------|
| P 10   | 55 | 36 | 9  | 10,5 | 1600 | 1300 |
| P 15   | 71 | 20 | 9  | 11,5 | 1500 | 1400 |
| P 20   | 76 | 14 | 10 | 12   | 1500 | 1500 |
| P 25   | 70 | 20 | 10 | 12,5 | 1450 | 1750 |
| P 30   | 82 | 8  | 10 | 13,1 | 1450 | 1800 |
| P 40   | 74 | 12 | 14 | 12,6 | 1350 | 1900 |
| M 10   | 84 | 10 | 6  | 13,1 | 1700 | 1350 |
| M 15   | 81 | 12 | 7  | 13,4 | 1550 | 1550 |
| M 20   | 82 | 10 | 8  | 13,3 | 1550 | 1650 |
| M 40   | 79 | 6  | 15 | 13,5 | 1350 | 2100 |
| <b>Slinuté karbidy skupiny M také obsahují malé procento karbidů Cr, Mo, Nb.</b> |    |    |    |      |      |      |
| K 01.3   | 92 | 4  | 4  | 15   | 1800 | 1200 |
| K 01.5   | 92 | 2  | 6  | 14,8 | 1750 | 1350 |
| K 10   | 92 | 2  | 6  | 14,8 | 1650 | 1500 |
| K 20   | 92 | 2  | 6  | 14,8 | 1550 | 1700 |
| K 30   | 93 | -  | 7  | 14,6 | 1400 | 2000 |
| K 40   | 88 | -  | 12 | 14,3 | 1300 | 2200 |

### 3. Výběr typického představitele

#### **Základní charakteristika litin**

Ve výrobě litin železa na odlitky patří ČR mezi vyspělé státy. Podíl výroby jednotlivých litin železa je u nás následující:

- Ocel – 22 %
- Šedá litina – 7,5 %
- Temperovaná litina – 2 %
- Tvárná litina – 1 % [3]

Litiny se vyrábějí přetavením vhodných surových želez a kovového odpadu ve slévárenských pecích. Litiny jsou slitiny železa, uhlíku a dalších prvků, z nichž je uhlík vyloučen ve formě grafitu nebo vázán jako karbid  $\text{Fe}_3\text{C}$ , případně karbid jiného prvku.

Obsah uhlíku je vyšší, než odpovídá jeho maximální rozpustnost v austenitu, tj.  $C > 2,08\%$  bez vlivu ostatních prvků.

#### **3.1 Druhy litin**

**Grafitické litiny** – při tuhnutí podle stabilního systému vzniká grafické eutektikum, které je tvořeno austenitem a uhlíkem.

**Bílé litiny** – při tuhnutí podle metastabilního systému je eutektikem ledeburit. Ve struktuře není přítomen volný grafit.

Základním kritériem pro určení druhu litin je zejména tvar vyloučeného grafitu. Názvy jednotlivých druhů litin, značky a číselná označování se řídí normou ČSN EN 1560, která vychází z evropského systému značení. V ČR je platná od roku 1999. Podle tvaru grafitu se litiny dělí na následující viz. obr. č. 6 [3].

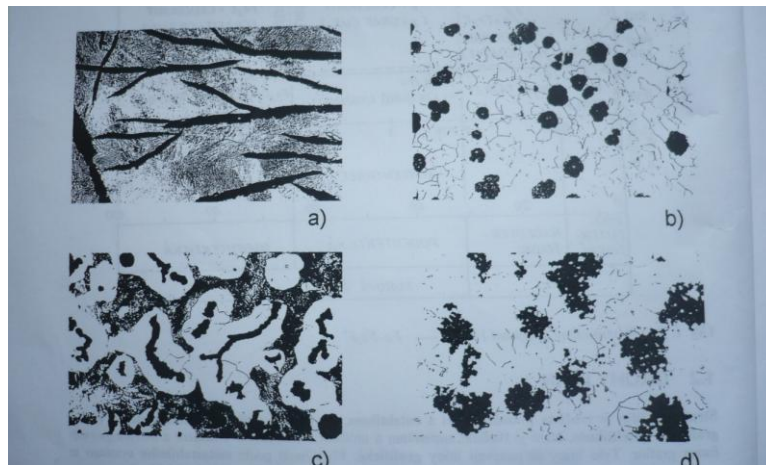
Popis obrázku:

*Temperovaná litina – GJM: grafit má tvar vloček*

*Litina s červíkovitým grafitem – GJV: grafit podobný jako lupínkový*

*Litina s kuličkovým grafitem – GJS: grafit ve formě kuliček (dříve litina tvárná)*

*Litina se lupínkovým grafitem – GJL: (dříve šedá litina)*



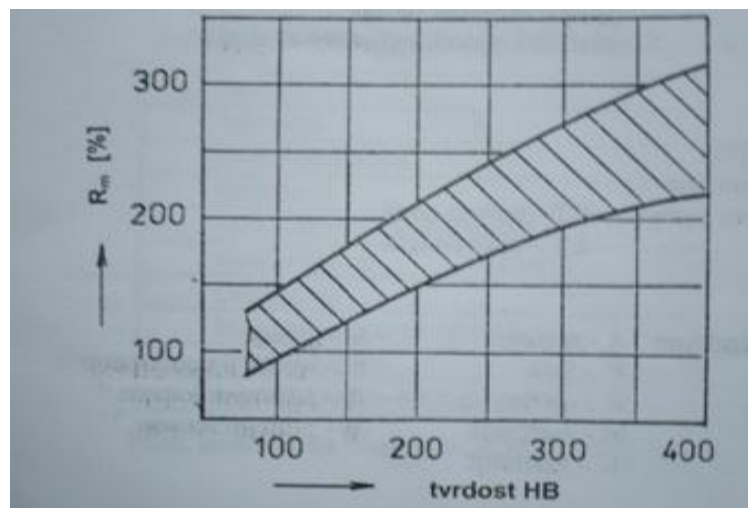
*Obr.č. 6. Litiny a)GJL, b)GJS, c)GJV, d)GJM [3]*

### **3.2 Litina s lupínkovým grafitem**

Vybraná opracovávána součást je odlita právě z této litiny, takže se o ní pojedná obšírněji. Obsahuje grafit ve tvaru prostorových útvarů podobných zelné hlávce, které na metalografickém výbrusu mají tvar lupínků. Tato litina je nejobvyklejším typem vyráběných litin.

Normalizovány jsou jakostí s pevností v tlaku 100 až 350 MPa. Rozmezí pevnosti v každé třídě je omezeno rozmezím nominální pevnosti  $R_m$  až  $R_m + 100$  MPa. Tvrdost litiny je udávána rozmezím tvrdosti HB a to podle směrodatné tloušťky stěny odlitku (podle ČSN se GJL dosud značila jako ČSN 4224 2 XX, kde poslední dvojčíslí udává pevnost v tlaku v desítkách MPa).

Pevnost a tvrdost úzce souvisí s chemickým složením vyjádřeným stupněm eutektičnosti (nebo uhlíkovým ekvivalentem). Mezi pevností v tlaku a tvrdostí platí přímá úměrnost, pro nelegovanou GJL je to znázorněno na obrázku č.7



*Obr. č. 7 Souvislost mezi tvrdostí a pevností GJL [3]*

Litina se považuje za tím kvalitnější, čím vyšší má relativní pevnost a nižší relativní tvrdost. Modul pružnosti litin rovněž souvisí se strukturou tj. pevností a tvrdostí. Čím vyšší je pevnost litiny, tím větší je i modul pružnosti (u nelegovaných GJL se pohybuje v rozmezí  $(0,8 - 1,4) \cdot 10^5$  MPa).


Tažnost GJL je zanedbatelně nižší než 1 %. Pevnost v tlaku z toho důvodu mají být litinové součástky konstruovány tak, aby kritické průřezy byly namáhány tlakem. Významnou vlastností grafitických litin obecně, zejména však litin s lupínkovým grafitem je malá vrubová citlivost. [3]

### **3. 3 Základní údaje obráběného odlitku**

Vybraný odlitek je obkladová deska výkres číslo KN-1-0014-09. Je součástí příloh jako příloha číslo 1.

Odlitky odlévá dceřiná společnost Slévárny Třinec. Odlévání se řídí podnikovou vítkovickou normou VN428416. Dle hlavního technologa sléváren je to adekvátní náhrada za litinu dle normy ČSN 422420 což je litina s lupínkovým grafitem GJL – 150. Tuto podnikovou normu si vyžádala skutečnost požadavků konstruktérů, že u nelegovaných litin není normalizován obsah jednotlivých prvků. Tato norma VN428416 dle obr. č.8 stanovuje procentuální vyjádření hlavních prvků. Dále jsou v této normě další základní údaje.



|   |                     |   |                                 |              |           |            |            |
|---|---------------------|---|---------------------------------|--------------|-----------|------------|------------|
|  | ŠEDÁ LITINA 42 8416 |   | VN 42 8416                      |              |           |            |            |
|   |                     |   | JK 161 1                        |              |           |            |            |
| Skupina materiálů podle ČSN 42 0006   |                     |   | zvláštní skupina                |              |           |            |            |
| Třída odpadu podle ČSN 42 0030  |                     |   | odpad lze použít i v ocelárnách |              |           |            |            |
| Chemické složení (rozbor tavby) 1)  | %                   | C   | Mn                              | Si           | P         | S          | Mg 2)      |
|   |                     | 3,10 až 3,80  | 0,60 až 2,00                    | 1,40 až 2,30 | max. 0,15 | max. 0,060 | max. 0,030 |
| Technické dodací předpisy   |                     | ČSN 42 1241   |                                 |              |           |            |            |
| Rozměry odlitků   |                     | dle dodaných výkresů  |                                 |              |           |            |            |
| Provedení   |                     | lité do písku nebo keramických forem  |                                 |              |           |            |            |
| Označení materiálu a stavu  |                     | 42 2416.0   |                                 |              |           |            |            |
| Stav  |                     | tepelně nezpracovaný  |                                 |              |           |            |            |
| Nejnižší pevnost v tahu $R_{Pt}$  | MPa                 | 150   |                                 |              |           |            |            |
| Nejvyšší tvrdost HB odděleně litého tělesa  |                     | 240   |                                 |              |           |            |            |
| Nejnižší pevnost v ohybu $R_{Po}$ informativně                                    | MPa                 | 300   |                                 |              |           |            |            |
| Odolnost proti  |                     | stálé teplotě do 600 °C   |                                 |              |           |            |            |
| Charakteristika litiny  |                     | Ohnivzdorná litina odolávající zvýšeným teplotám; možno použít v případě cyklického tepelného namáhání. |                                 |              |           |            |            |

Obr. č. 8 Norma Vítkovické slévárny VN 42 8416

### 3. 4 Výroba ve Slévárnách Třinec

V úvodu práce bylo již zmíněno, že na dodávkách pro GO koksovny se rovněž podílí dceřiná společnost Slévárny Třinec, která mimo tyto desky zajišťuje i další značný objem odlitků různého sortimentu. Dávka obkladových desek činila 156 ks. plus 3 kusy před zahájením celkové výroby pro vyloučení chyb.

Na následujících obrázcích lze vidět jak výrobu forem viz. obr. č. 9 tak i samotné odlévání odlitku ve slévárně na obr. č. 10.



*Obr. č. 9 Výroba formy*



*Obr. č. 10 Odlévání odlitku*

Provedením odlitku se řídí ČSN EN 1557-3 se začíslím příslušného výkresu. Ke každému odlitku je dodán atest (průvodní karta) obsahující údaje a výsledky předepsaných zkoušek dle ČSN EN 1559-3. Výkres rovněž předepisuje tepelné zpracování odlitku, v tomto případě se jedná o žihání k odstranění vnitřního pnutí.

Opracovaný odlitek – obkladová deska je součástí obložení koksové baterie složené ještě se zárubní a tvoří pancéřování zdiva baterie a chrání je proti poškození vlivem tepelných dilatací a provozování baterie. Obkládací desky jsou přitlačovány na zdivo třemi odpruženými čepy uloženými v kleštinách, které jsou součástí horního kotvení. Tlak se přenáší na zdivo přes bezazbestové šňůry, které současně utěsňují prostor komory a tím zabraňují vnějším exhalacím a přes izolační rohož vloženou mezi obkládací desku a zdivo, které současně snižuje tření při tepelných dilatacích zdiva.

## 4. Rozbor stávající výroby

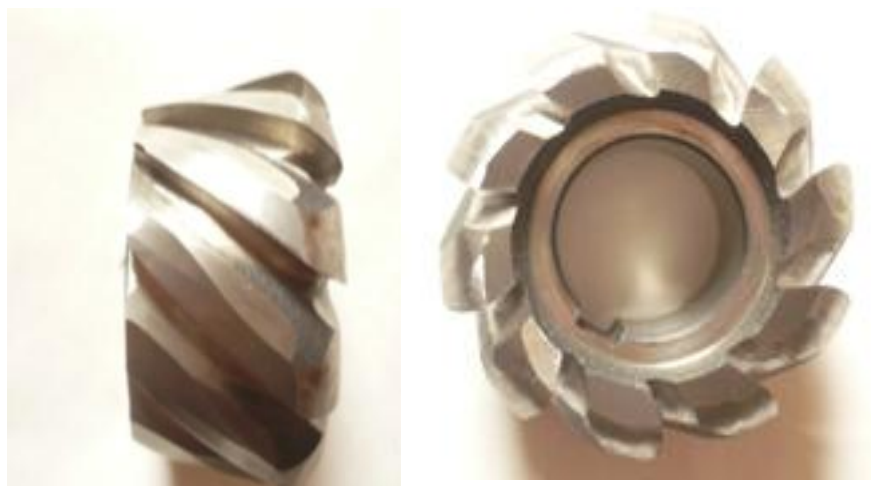
Při opakovaných výrobních opracování odlitků obkladové desky se jednalo o kusovou výrobu v rozmezí 1-5 kusů nebyly priority racionalizace výroby zcela zásadní. Výroba speciálního nářadí a přípravků je v takových případech nerentabilní. Rovněž četnost opakování není nijak určená a záleží pouze na podmínkách provozu, kdy dojde k poškození daného dílu sestavy dveří koksové baterie a následné nutné výměně. Objem výroby, který nastal při GO, nutil hledat cesty jak urychlit výrobu. Technologové navrhli tři možnosti řešení jak snížit časy strojního opracování, taktéž vedlejších časů (zde se jedná o snížení počtu upínání).

**Tyto hlavní tři body změny výroby je možno specifikovat:**

- a) využití speciálně vyrobené frézy při opracování prizmatického vybrání
- b) správná volba záběrových podmínek
- c) použití efektivnějšího přípravku k frézování úkosu.

Na výkresu KN-1-0014-09 prizmatického vybrání je znázorněno jak v řezu A-A (je to spodní plocha s R 10), tak i v řezu B-B. (plocha přilehlá k rozměru 60 + 3 -1).

Opracování se provádělo upravenou frézou obr. č. 11



*Obr. č. 11. Upravená válcová fréza*

Jedná se o válcovou frézu čelní, pravořeznou, nástrčnou, polohrubozubou s nepřerušovaným ostrím dle ČSN 22 21 54 o průměru 80 mm x 50 se sklonem 35 stupňů s deseti břity. Vyrobená je z rychlořezné oceli jakosti 19802. Tato byla dle tvaru vybrání nástrojaři upravena.

Při opracování šedé litiny nevzniká pouze tříska, ale i nepříjemný prach, který spolu s chladicí kapalinou vytváří „cementovitou hmotu“. Takzvané suché obrábění, nesoucí jistou řadu výhod, kterými se prezentují firmy preferující bezkapalinové chlazení. U opracování litiny je to nevyjímaje. V praxi se tento problém směsi kapaliny s litinovým prachem projevuje např. v zanášení kanálků a drážek pracovních stolů, kdy po nedokonalém okamžitém vyčištění, je třeba tyto zbytky mechanicky odstraňovat. Další důvod nepoužívat chladicí kapalinu, je tvorba třísky při obrábění litiny, pro tyto materiály je charakteristická drobná tříska vyznačující se minimální plastickou deformací.

Ovšem absence chlazení při tomto frézování za použití nástroje z RO způsobovalo přehřívání až modrání frézy, následnou nutnost používat nízkých řezných rychlostí. Nástroj měl tímto optimální trvanlivost břitů sniženou a k tomu ještě nutno připočítat skutečnost, že nelze vyloučit přítomnost slévárenských písků v kůře odlitku, což taktéž zhoršuje podmínky obrábění.

Při opracování prizmatického vybrání viz řez A-A upraveným nástrojem z RO, dle doporučených řezných podmínek je možno použít pro tento druh řezných materiálu řeznou rychlost  $v_c = 5 - 40 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$  což při použití průměru nástroje  $\varnothing 80$ , otáčkách  $80 \text{ min}^{-1}$  je dodrženo:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (4.1) [2]$$

$$v_c = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 80}{1000}$$

$$v_c = 20,1 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

S ohledem na odlité vybrání se opracovávalo na dvě třísky. Podrobný výpočet strojních časů bude proveden v kapitole zabývající se návrhem hospodárných parametrů.

Další plochy určené k opracování jsou znázorněny v řezu A - A, jsou to úkosy ve vzdálenosti 580 - 2. Úkosy vycházející od plochy kolmé na základnu jsou vyjádřeny ve stupních – hodnota 2 st. 56 min. Požadovaného úkosu se dosáhlo vypodložením třemi jednoduchými klíny viz. obr. č. 12 o rozměrech 520 x 125 x 80, tl. 50.



*Obr.č.12 Klín k dodržení úkosu*

Díky těmto klínům není nutno použít úhlové vertikální hlavy, ale využití těchto pomůcek vyžaduje vždy po opracování této plochy odepnutí obrobku, nadzvednutí pomocí jeřábu a vyjmutí. Následuje opětovné středění, upnutí a opracování druhé strany odlitku. Bylo tedy na místě hledat nový způsob jak zkrátit časy vedlejší. Návrhem a výrobou nového univerzálního přípravku, lze realizovat výrobu s jednodušším a rychlejším upínáním a s následným ekonomickým efektem. I k této problematice bude podrobněji pojednáno v kapitole s návrhem nové technologie.

V praxi z různých hledisek ať už se jedná o ekonomické, nelze mít skladem veškerý sortiment vyráběných nástrojů. Taktéž ne vždy odbornost osádek strojů je na takové úrovni, aby se využily stávající nástroje pro správnou volbu záběrových podmínek.

Při rovinném frézování se na rozdíl od soustružení, kde je ve většině případů tloušťka třísky konstantní a tato závisí jen na posuvu a úhlu nastavení hlavního břitu. U frézování se mění tloušťka třísky během záběru. Díky této proměnlivosti se počítá se střední hodnotou tloušťky  $h_m$ .

Správná volba záběrových podmínek značně ovlivňuje průběh i výsledek frézování, ať už se jedná o řezný výkon, tak i kvalitu obrobené plochy. Na vybraném odlitku je velká plocha se žebrováním. Úzká žebra způsobují špatné záběrové podmínky. Tato plocha se začala opracovávat rohovou frézou s čtvercovými destičkami. Výrobcem je firma Iscar, označení F90SD D200-60-12 viz. obr. č. 13. Tato fréza o průměru 200 mm umožňuje sice dosti vysokou radiální hloubku řezu, ale na základě uváděných vztahů v literatuře není právě průměr nástroje, rozhodující při volbě záběrových podmínek je úhel nastavení hlavního břitu  $\kappa_r$ . U této frézy je to  $90^\circ$ , což je patrné na obr. č. 14. kde jsou zobrazeny použité destičky SDMT 123T taktéž vyrobeny firmou ISCAR.

Průřez odebírané vrstvy materiálu resp. jeho velikost je jedním z činitelů, který má vliv na charakter zatížení břitu a na absolutní velikost řezné síly. Lze tedy stanovit, že **měrný řezný odpor** obráběného materiálu  $k_c$  je při frézování závislý především na střední tloušťce třísky  $h_m$  a na jeho pevnosti.

Při volbě optimálních záběrových podmínek při rovinném frézování je nutno vycházet z toho, že z hlediska namáhání břitu je výhodnější, když břit nevstupuje do řezu při nulové tloušťce třísky. Doporučuje se tedy volit sousměrné frézování, kdy břit zabírá do pokud možno maximální tloušťky třísky. **"Se zmenšující se tloušťkou třísky měrný řezný odpor roste !!!!!"** [9]

**Závislost  $k_c$  na tloušťce je obecně dána vztahem:**

$$k_c = \frac{k_{c1}}{h^c} \quad (4.2) [4]$$

$k_{c1}$  ... tabelizována hodnota [-]

$h$  ... tloušťka třísky [mm]

$c$  ... exponent vyjadřující vliv tloušťky třísky na velikost měř. řez. odp.

**Střední tloušťku třísky vypočteme za vztahu:**

$$h_m = f_z \sin \kappa_r \sqrt{\frac{a_e}{D}} \quad (4.3) [4]$$

$f_z$  ... posuv na zub [mm],  $f_z \max = 0,15$  mm dáno výrobcem

$\kappa_r$  ... úhel nastavení hlavního ostří [°],  $\kappa_r = 90^\circ$

$a_e$  ... radiální hloubka řezu [mm],  $a_e = 40$  mm

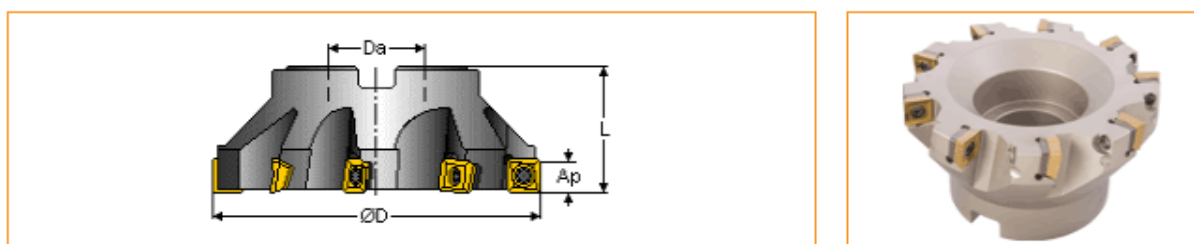
$D$  ... průměr nástroje [mm],  $D = 200$  mm

$$h_m = 0,15 \sin 90^\circ \sqrt{\frac{40}{200}}$$

**$h_m = 0,06$**

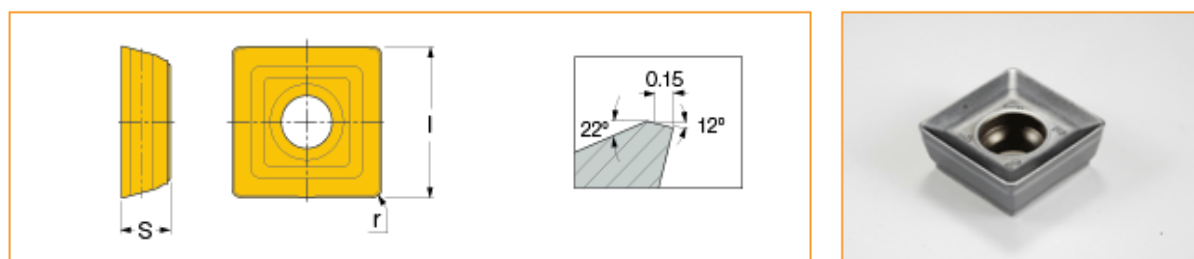
Dle dostupné literatury pro šedou litinu s tvrdostí HB 220 je při střední tloušťce třísky  $P_m=0,1$  měrný řezný odpor roven asi **1845 MPa**. Toto číslo bude pro spočítanou hodnotu  $h_m=0,06$  ještě větší. Při této použité fréze s úhlem  $\kappa_r = 90^\circ$  se opracovávalo s posuvem  $v_f = 350 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  a otáčkách  $180 \cdot \text{min}^{-1}$ . Snahou technologů je, jak docílit větší efektivity. Zde se nabízelo přistoupit na řešení se změnou geometrie úhlu nastavení hlavního břitu. Tyto skutečnosti samozřejmě nejsou neznámé, ale proč se neoptimalizují podmínky obrábění hned od počátku, je ovlivněno mnoha faktory.

Jedním je už zde popsáný faktor neznalosti a neochoty osádek stroje a taktéž záleží na vybavenosti skladů s nářadím. Při nepřetržitém provozu na tomto obráběcím stroji se taktéž může stát, že se z provozních důvodů začne s prací o víkendu, v noci nebo v době, kdy pracovníci technologie nejsou přítomni, pak už se často nikomu nechce měnit zaběhnutý systém (používané nářadí, nastavení parametrů obrábění), který je často mylně považován za ten nejlepší. Těmto nedostatkům nelze vždy s určitostí zabránit, u kusové výroby je to ještě větší problém.



| D      | Z  | L     | Da    | Arbor | ap    | Kg   |
|--------|----|-------|-------|-------|-------|------|
| 200.00 | 13 | 63.00 | 60.00 | C     | 11.80 | 6.70 |

Obr. č 13. Rohová fréza s označením F90SD D200-60-12 [5]



| l     | s    | r    | fz(min) | fz(max) |
|-------|------|------|---------|---------|
| 12.70 | 4.20 | 0.80 | 0.08    | 0.15    |

Obr. č. 14 Použité povlakované destičky s označením SDMT 12T3 [5]

Hlavní technolog použil zkušenosti a znalosti získané od firmy Pramet Šumperk, která s firmou dlouhodobě spolupracuje. Bývá to formou školení, jak technologů, tak i kovoobráběčů, nelze opomenout ani velmi cenné materiály, které firma dodává. V těch jsou publikovány nové poznatky z vývoje a výroby zabývající se problematikou nástrojů tak samotného obrábění, a pro opracování žeber spodní části desky navrhl změnit nástroj, jednalo se v první řadě o změnu nastavení úhlu hlavního břitu. Čeho bylo dosaženo touto změnou a hlavně přínosy budou rovněž popsány v dalších kapitolách.



## 5. Návrh nové technologie pro vybraného představitele

Jestliže chceme optimalizovat výrobní proces nelze se jen spokojit s přepočtem úspory normominut násobené minutovou sazbou stroje. Je nezbytné ještě provést další propočty. Proces je to složitý, neboť je závislý na celé řadě faktorů u obrábění do procesu optimalizace vstupuje celá řada parametrů, proměnných a nalezení jejich optimální kombinace není jednoduché. Návrhem obráběcí operace následuje výběr vhodných nástrojů. Většinou nejde jen o optimální návrh, čili realizaci obráběcího nástroje, jde o to, aby se optimalizoval výběr nástroje ze skupiny možných nástrojů. Všechny varianty v daném postupu je nutno vyhodnotit a výsledkem je optimální varianta, o které rozhodly **minimální výrobní náklady**.

Optimalizovat řezné parametry není zdaleka jednoduchá záležitost. Optimalizovat proměnné je nutno dle souboru omezujících podmínek. Omezení jsou daná parametry stroje, nástroje, obráběným materiálem, požadavky na jakost obrobeného povrchu.

Určujeme-li optimální řezné podmínky a optimální trvanlivost bříty vycházíme z daného nástroje [6].

Způsob opracování a nástroj jakým byl odlitek doposud opracováván, byl již popsán v kapitole zabývající se stávající výrobou. Před samotným rozbořem návrhu nové technologie bude představen stroj, na kterém probíhá opracování frézováním.

### 5.1 *Popis použitého stroje*

Strojní vybavení firmy je na velmi dobré úrovni odpovídající typu výroby, která vyžaduje jak univerzálnost tak i poměrně široké spektrum skladby vybavení strojním parkem. Podrobný popis a výčet všech možností jak konvenčního tak i nekonvenčního obrábění není základním tématem této práce a tyto údaje jsou dostupné na internetových stránkách firmy. Základní popis použitého stroje bude tedy dostačující.

#### **Vyvrtávačka W160CNC**

Ačkoliv firma disponuje moderním hydrostatickým vyvrtávacím centrem HCW2-180, nebylo nutné tento stroj s ohledem na požadované rozměrové tolerance a drsnosti obrobených ploch použít.

Vyšší hodinová sazba předurčuje HCW2-180 využívat k náročnějším zakázkám. V žádném případě to neznamena, že použitý stroj nachází uplatnění pouze na jednoduché a hrubovací operace a je zastaralý. Jedná se o modernizovaný vyvrtávací stroj W 160 CNC. V roce 2001 prošel GO a po úpravách a modernizaci se přestavěl z původního W160 H. Na obr. č. 15 je zobrazena tato vyvrtávačka při opracování obkladové desky

### **Technické parametry stoje**

|   |              |
|---|--------------|
| Průměr vřetena .....                                  | 160 mm       |
| Kužel ve vřetenu .....                                | ISO 50       |
| Maximální krouticí moment na frézovacím vřetenu ..... | 25 000 Nm    |
| Maximální výsuv vřetena (osa Z) .....                 | 1 600 mm     |
| Maximální výsuv pinoly .....                          | 1 250 mm     |
| Pojezd stojanu po loži (osa X) .....                  | 8 000 mm     |
| Pojezd vřeteníku po stojanu (osa Y) .....             | 2 500 mm     |
| Otáčky vřetena .....                                  | 1-800 ot/min |
| Stupeň 1. ....  | 25 ot/min    |
| Stupeň 2. ....  | 80 ot/min    |
| Stupeň 3. ....  | 250 ot/min   |
| Stupeň 4. ....  | 800 ot/min   |
| Rychloposuv X.....                                    | 8 000 mm/min |
| Rychloposuv Y.....                                    | 6 000 mm/min |
| Rychloposuv Z .....                                   | 3 000 mm/min |
| Hmotnost stroje .....                                 | 58 000 kg    |
| Pohon vřetena: regulační stejnosměrný motor           |              |
| Výkon.....  | 55 kW        |
| Otáčky .....  | 2 700 ot/min |

Na stroji je instalován řídicí systém CNC 859, který umožňuje polohovou vazbu jednotlivých posuvů, CNC řízení stroje podle technologického programu, úplné ruční ovládání, dále je možné na obrazovce řídicího systému provádět diagnostiku poruch stroje. Otáčky vřetena jsou regulovány tyristorovým regulátorem ve čtyřech stupních.

Dráhy vodorovného i svislého frézovacího posuvu jsou odměřovány lineárním inkrementálním snímačem firmy HEIDENHAIN.



*Obr. č. 15 Stroj W 160 CNC*

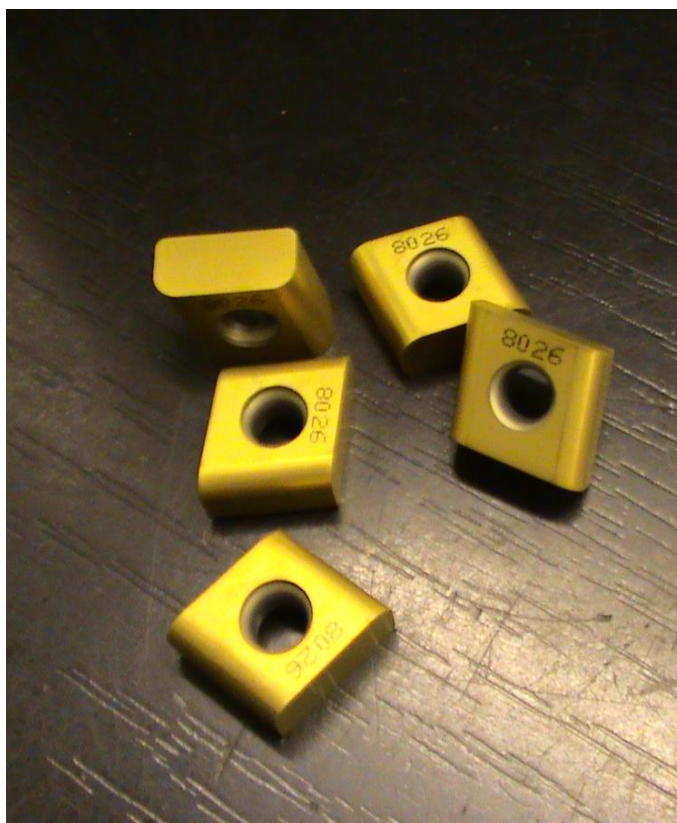
Pro opracování prizmatického vybrání si středisko odpovídající za nákup s náradím nechalo vyrobiť u firmy Pramet speciální frézu s označením 80A 15R SXS N 12 CN12 viz obr č. 16. V příloze číslo 2. je taktéž výkres nástroje.



*Obr. č. 16 Fréza 80A 15R SXS N 12 CN12*

Hlavní předností je téměř trojnásobné snížení strojního času opracování. Díky tomu, že je fréza osazena břitovými destičkami z SK je možno použít větší posuvové rychlosti a taktéž posuvu na zub. Nevýhodou jsou pouze dva břity na šesti destičkách, ostatních devět destiček má čtyři břity.

Jedná se o destičky pro obrábění skupiny materiálu K. Označení materiálu ze kterého jsou vyrobeny je 8026, výrobce taktéž firma Pramet. Jedná se o substrát bez kubických karbidů s nanostrukturním povlakem vyrobeným metodou PVD. Kombinuje dobrou otěruvzdornost spolu s dobrou provozní spolehlivostí. Používá se pro střední řezné rychlosti a horší záběrové podmínky. Příklad na opracování (na plochu) je pro tyto rozměry dle normy ČSN EN 1557-3 od 12 mm do 27 mm, ve skutečnosti činil 15÷16 mm. Nejsou zde nijak velké požadavky na drsnost, takže vybrání bylo opracováno na dvě třísky, což je shodné, jak při opracování frézou z RO.



*Obr.č.17 Destičky CNE 635*

## 5.2 Výpočet trvanlivosti břítu frézy 80A 15R SXS 12 CN12

Na základě tzv. komplexního Taylorova vztahu stanovíme po úpravě trvanlivost břítu:

$$v_c = f \cdot a_p \cdot f \cdot T = c_{vT} \cdot T^{-\frac{1}{m}} \cdot a_p^{-x_v} \cdot f^{-y_v} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad [1] \quad (5.1)$$

po úpravě:

$$T = \frac{c_{vT}^m}{v_c^m \cdot a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}} \quad [\text{min}]$$

kde:

$m, c_{vT}, x_v, y_v \dots$  jsou empiricky stanovené konstanty a exponenty

$a_p \dots$  šířka záběru ostří [mm]  $a_p = 8$  mm (použito při obrábění)

$f \dots$  posuv frézy na zub [mm]  $f = 0,3$  (dáno výrobcem)

Řezná rychlost  $v_c$  je určena podle vztahu: (4.1)

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

$$v_c = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 250}{1000}$$

$$\underline{v_c = 62,8 \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]}$$

Dle literatury je možno použít zbývající hodnoty do výpočtu. Materiál opracovávané součásti je ekvivalentní šedé litině s označením 42 24 20. [1]

|                   |                    |     |
|-------------------|--------------------|-----|
| Hodnoty konstant: | $c_{vT} \dots 165$ | [-] |
|                   | $x_v \dots 0,16$   | [-] |
|                   | $y_v \dots 0,26$   | [-] |
|                   | $m \dots 3,8$      | [-] |

$$T = \frac{165^{3,8}}{62,8^{3,8} \cdot 8^{0,16} \cdot 0,3^{0,26}}$$

$$\underline{T = 39,3 \text{ min}}$$

### 5.3 Výpočet trvanlivosti břitu upravené válcové frézy

Postup je stejný jak u předešlého výpočtu. Hodnoty konstant a exponentů jsou použity z dostupné literatury.

Řezná rychlost je určena ze vztahu (4.1)...20,1 [m•min<sup>-1</sup>]

Hodnoty:  $a_p = 8$  [mm] je dáno obráběním

$f = 0,1$  [mm] je určeno výrobcem

Hodnoty konstant:  $c_{vT} \dots 45$  [-]

$x_v \dots 0,18$  [-]

$y_v \dots 0,32$  [-]

$m \dots 7,1$  [-]

$$T = \frac{42^{7,1}}{20,1^{7,1} \cdot 8^{0,18} \cdot 0,1^{0,32}}$$

**T = 267 min**

Abychom určili náklady na opracování je nutno spočítat životnost u porovnávaných nástrojů. Životnost břitu z obnovovaného nástroje se vyjádří vztahem:

$$z = (z_0 + 1) \cdot T \text{ [6]}$$

$z_0 \dots$  počet možných přestřehů břitu

$T \dots$  trvanlivost břitu

Upravená fréza byla maximálně 3 krát přestřehena. Při dalším nabroušení se nedodržely rozměry prizmatického vybrání. Pokud se ale u nového nástroje provádí přestřehení původní geometrie na jinou, pak pro životnost platí:

$$z = z_0 \cdot T$$

$$z = 3 \cdot 267$$

**z = 801 min**

Životnost u výměnných břitových destiček, které se nepřestřehují je dána vztahem:

$$z = z_b \cdot T \cdot s_b \text{ [6]}$$

$z_b \dots$  počet břitů na destičce

$s_b \dots$  součinitel využití břitových destiček

Destičky použité v této speciální fríze mají pouze dvě ostří a součinitel  $s_b$  je pro dané podmínky obrábění 0,9:

$$z = 2 \cdot 36,1 \cdot 0,9$$

$$\underline{\underline{z = 65 \text{ min}}}$$

Náklady na nástroj  $N_{nT}$  vztažené na jednu trvalivost břitu u frízy z RO lze vyjádřit:

$$N_{nT} = \frac{c_n - c_{zn}}{z_0 + 1} + t_{os} \cdot k_c \cdot \left( \frac{M_{os}}{60} + \frac{HRP_{os}}{60} \right) \cdot \frac{z_0}{z_0 + 1} \quad (5.2) \quad [6]$$

Z důvodu přestřžení na jinou geometrii nepočítáme ve jmenovateli k  $z_0 + 1$  ale 0

$c_n$  ... cena nástroje v Kč,  $c_n = 2500$  Kč

$c_{zn}$  ... zbytková cena nástroje v Kč,  $c_{zn} = 0$

$M_{os}$  ... mzda ostříče včetně sociálního a zdravotního pojištění v Kč / hod,

$M_{os} = 136$  Kč/hod

$z_0$  ... počet možných přestřžení nástroje,  $z_0 = 3$

$t_{os}$  ... čas ostření nástroje v min,  $t_{os} = 40$  min

$HRP_{os}$  ... hodinový režijní paušál ostřírny v Kč/hod,

$HRP_{os} = 204$  Kč/hod

$k_c$  ... přírážka směnového času,  $k_c = 1,06$

$$N_{nT} = \frac{2500 - 0}{3 + 0} + 40 \cdot 1,06 \cdot \left( \frac{136}{60} + \frac{204}{60} \right) \cdot \frac{3}{3 + 0}$$

$$\underline{\underline{N_{nT} = 1090 \text{ Kč}}}$$

Pro nástroj s výměnnými destičkami, které se nepřestřhují platí:

$$N_{nT} = \frac{C_d \cdot z_d}{z_b \cdot s_b} + 1 + k_{ut} \cdot \frac{C_{tn}}{z_u} \quad (5.3) \quad [6]$$

$C_{d1}$  ... cena břitové destičky v Kč, (CNE 635),  $C_{d1} = 182$  Kč

$C_{d2}$  ... cena břitové destičky v Kč (SNQC),  $C_{d1} = 276$  Kč

$C_{tn}$  ... cena tělesa nástroje v Kč,  $C_{tn} = 16990$  Kč

$z_d$  ... počet břitových destiček na nástroji, 6+9

$z_b$  ... počet břitů na destičce, (CNE 635 – 4), (SNQC–2)

|                |  |
|----------------|--|
| $z_u \dots$    | předpokládaný počet upnutí destiček za dobu životnosti, $z_u \div 400$ |
| $s_b \dots$    | součinitel využití břitových destiček, $s_b = 0.9$                     |
| $k_{ut} \dots$ | koefficient údržby tělesa nástroje, $k_{ut} = 0,025$                   |

$$N_{nT} = \frac{276 \cdot 6}{2 \cdot 0,9} + \frac{182 \cdot 9}{4 \cdot 0,9} + 1 + 0,025 \cdot \frac{16990}{400}$$

$$\underline{N_{nT} = 1418 \text{ Kč}}$$

Na nástroji jsou použity dva typy destiček, z nichž jeden typ má čtyři použitelné břity a druhý dva. Z tohoto důvodu je upraven vztah (5.3)

## 5.4 Výpočet jednotkového strojního času při použití nástroje z RO a SK

### Frézování upraveným nástrojem z RO

Prizmatické vybrání se opracovává po obou stranách odlitku, jedna délka měří 4600 mm. Pro snadnější výpočet stačí spočítat jednu stranu. Jednotkový strojní čas  $t_{AS}$  se obecně vyjádří na základě závislosti:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \cdot i \text{ [min]} \quad (5.4) [2]$$

$L \dots$  dráha nástroje ve směru posuvového pohybu [mm]

$v_f \dots$  posuvová rychlost [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

$i \dots$  počet záběrů nutných k odebrání přídavku

$$L = l + l_n + l_p [2]$$

$l \dots$  délka frézované plochy [mm]

$l_n \dots$  délka náběhu [mm]

$l_p \dots$  délka přeběhu [mm]

Pro frézování válcovými frézami:  $l_p = (2 \div 5) \text{ mm} [6]$



$$l_n = \sqrt{\left(\frac{D^2}{2}\right) - \left(\frac{D}{2} - h\right)^2} + (2 \div 5) \text{ [mm]} \quad (5.5) [6]$$

D ...průměr frézy [mm]

h ...hloubka odebírané vrstvy [mm]

Posuvová rychlost je vypočítána ze vztahu : (5.6) [6]

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$f_z$  ...posuv na zub [mm ]

$z$  ...počet zubů [-]

$n$  ...počet otáček [ $\text{min}^{-1}$ ]

Posuv na zub je dán výrobcem, otáčky se mohou dopočítat ze vztahu (4.1), jestliže použijeme řeznou rychlost v rozmezí doporučených literaturou. Zde už i samotný průběh při obrábění neumožňoval použití vyšších otáček.

$$f_z = 0,1$$

$$n = 80$$

$$z = 10$$

$$v_f = 0,1 \cdot 10 \cdot 80$$

$$\underline{v_f = 80 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}]}$$

$$l = 4600 \text{ mm}$$

$$l_p = 5 \text{ mm}$$

$$l_n = \sqrt{\left(\frac{80^2}{2}\right) - \left(\frac{80}{2} - 12\right)^2} + (5)$$

$$\underline{l_n = 54 \text{ mm.}}$$

$$L = 4600 + 54 + 5$$

$$\underline{L = 4659 \text{ mm}}$$

$$t_{AS} = \frac{4659}{80} \cdot 2$$

$$\underline{t_{AS} = 116,5 \text{ min}}$$

### **Frézování speciálním nástrojem ze SK**

Pro stanovení posuvové rychlosti se rovněž použije hodnoty doporučené výrobcem:

$$f_z = 0,3$$

$$n = 250$$

$$z = 3$$

$$v_f = 0,3 \cdot 3 \cdot 250$$

$$\underline{v_f = 225 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}}$$

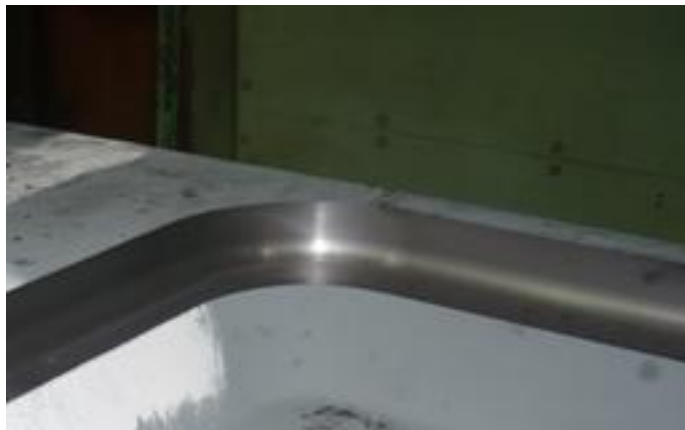
Výrobcem uvedená maximální řezná rychlost a z ní spočítané otáčky mohou dosahovat vyšších hodnot. Zde se ale řídíme konkrétním stavem při obrábění (vibrace aj. ) a používá se zkušenosti a cit. Délky opracování, včetně náběhu, přeběhu i počtu třísek se nemění. Na základě vztahu (5.4) se spočítá i čas opracování pro speciální nástroj.

$$t_{AS} = \frac{4659}{225} \text{ [2]}$$

$$\underline{t_{AS} = 41,4 \text{ min}}$$

Čas strojního opracování vybrání na obou stranách stačí u obou variant jen vynásobit dvěma a provést porovnání na základě rozdílu. Ve Strojárnách Třinec je zaveden systém stanovení normočasu a v minutách. Sazby pro jednotlivé operace, které se ještě mění jakým strojem je příslušná operace prováděna jsou stanoveny Kč/min. Použitý vyvrtávací stroj W 160 CNC patří do skupiny, která má sazbu jednu z nejvyšších. Stroj s menší sazbou nelze v tomto případě použít, protože rozjezd při opracování v ose X činí 4100 mm. Opracování na strojích, které nedosahují potřebného rozjezdu s následným přepnutím a pokračováním v obrábění, lze použít v krajních případech, kdy stačí opracování dle orýsování.

Opracovávané vybrání jak je patrné z obrázku č.18 je nutno opracovat programem řízeným ve třech osách a tudíž by bylo nevhodné používat přepínání obrobku.



*Obr. č. 18. Prizmatické vybrání obkladové desky*

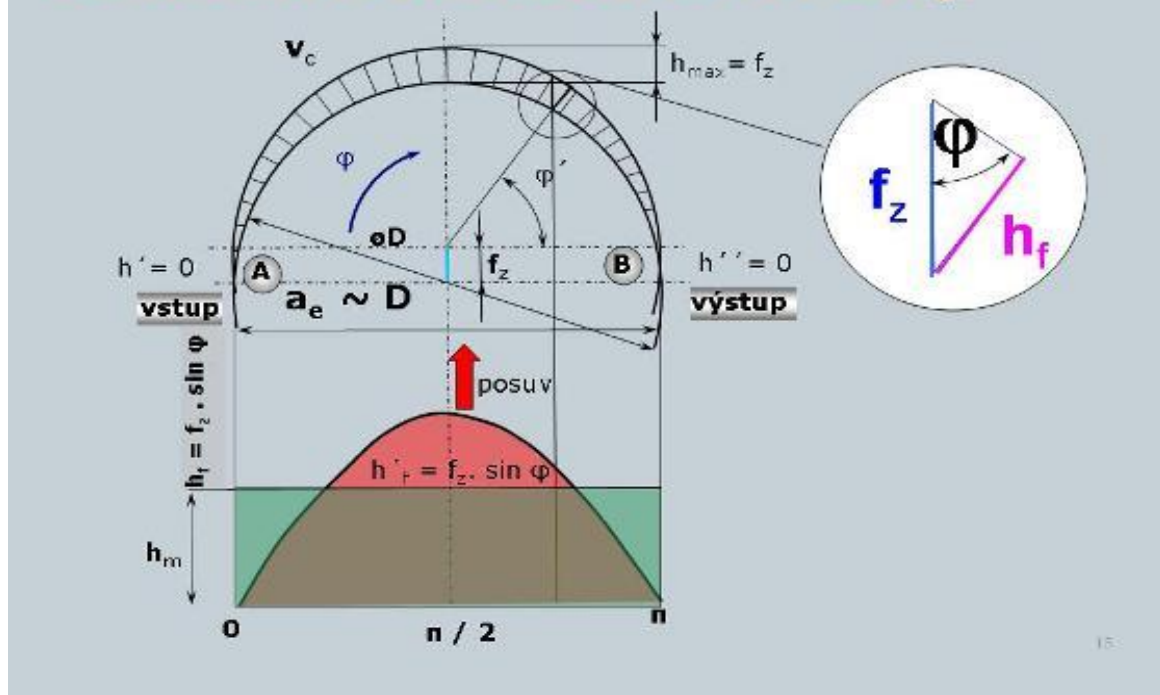
## **5.5 Návrh vhodných záběrových podmínek**

O měrném řezném odporu už bylo pojednáno ve čtvrté kapitole, jen lze doplnit, že vysvětlení skutečnosti klesání měrného řezného odporu při zvětšování průřezu třísky je podíl práce plastických deformací v ploše řezu. Na obrázku č 19 je znázorněna změna tloušťky třísky  $h$  odebírané jedním zubem frézy během jedné otáčky, kdy břit vniká do materiálu v místě A, kde je tloušťka třísky  $h' = 0$ , pak tloušťka třísky postupně vzrůstá s úhlem  $\varphi$  podle vztahu:

$$h = f_z \cdot \sin \varphi \quad (5.4) [9]$$

V ose frézy dosahuje maxima  $h_{\max} = f_z$  a dále se zmenšuje, až v místě výstupu břitu B dosahuje nulové hodnoty. Uvedený příklad platí pouze pro frézování, kdy nástroj zabírá celým svým průměrem a u fréz s úhlem nastavení hlavního břitu  $\kappa_r = 90^\circ$ . Při použití menšího úhlu nastavení se dále tloušťka třísky zmenší na hodnotu  $h \cdot \sin \kappa_r$  [9].

# Střední tloušťka třísky

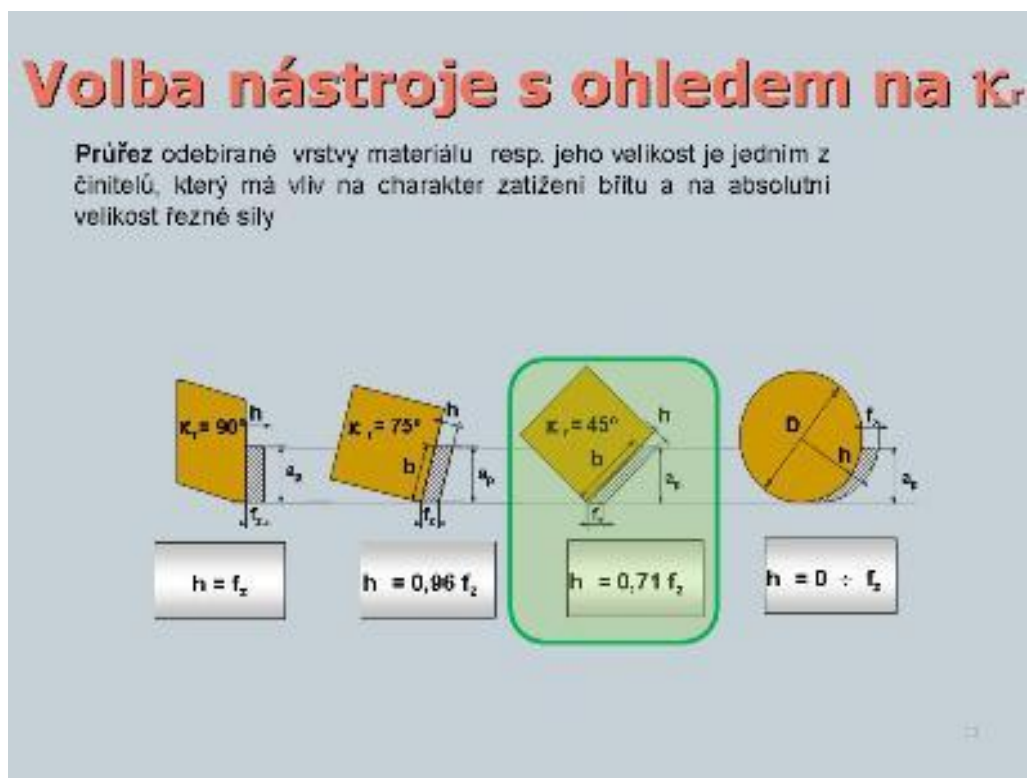


Obr. č. 19. Změna tloušťky třísky [9]

Kvůli proměnlivosti tloušťky třísky při různých způsobech frézování počítáme s její střední hodnotou  $h_m$ . Velikost střední tloušťky třísky je závislá na druhu frézy a na záběrových podmínkách zejména na poměru  $a_e/D$ , posuvu na zub  $f_z$  taktéž na úhlu nastavení  $\kappa_r$ . Z uvedených skutečností vyplývá, že při snižování úhlu  $\kappa_r$  musíme uvažované snížení měrné řezné síly vykompenzovat jinými parametry a ty jsou:

- zvýšení posuvu na zub
- zvýšením podílu  $a_e/D$ .

Tuto představu o závislosti  $h_m$  na záběrových podmínkách podává obr. č. 20.

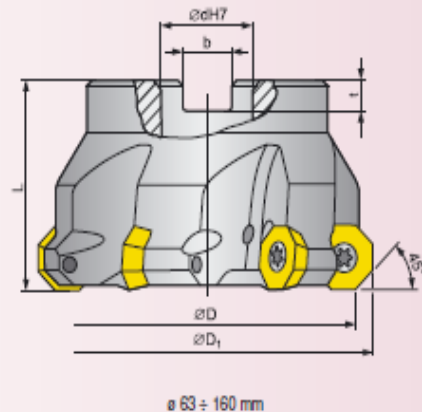
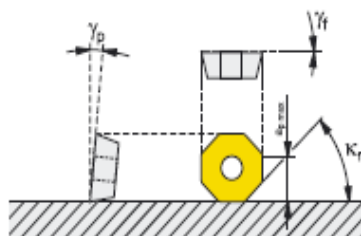


Obr. č. 20. Závislost  $h$  na záběrových podmínkách [9]

Pro opracování žeber na spodní straně odlitku, jejichž šířka dosahuje rozměru cca 40 mm bylo rozhodnuto změnit použitý nástroj (popsáno v kapitole 4) a využít změny geometrie bříty úhlu hlavního nastavení, rovněž změnu průměru nástroje. Volba odpovídá zeleně vyznačenému poli na obr. č. 20. Použila se čelní fréza od výrobce Pramet Šumperk s označením 160C09R-S450D06D obr.č. 21 a k ní byly použity VBD téhož výrobce s označením ODMT 0605ZZN obr.č. 22.



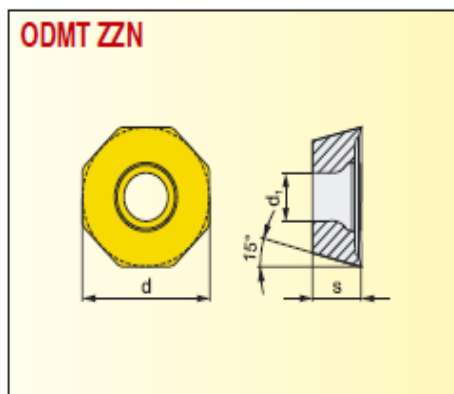
|            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|
| $\gamma_p$ | $+5^\circ$ | $\kappa_r$ | $45^\circ$ |
| $\gamma_f$ | $0^\circ$  | $a_{pm}$   | 8,6 mm     |



Z\* - Počet zubů / Počet zubov

| ISO              | Sortiment | Rozměry / Rozmery |     |     |    |      |     |    |   |   |   |   | Chlazení<br>Chladienie | [kg] |
|------------------|-----------|-------------------|-----|-----|----|------|-----|----|---|---|---|---|------------------------|------|
|                  |           | D <sub>1</sub>    | D   | dH7 | L  | b    | t   | Z* | - | - | - | - |                        |      |
| 63A05R-S45OD06D  | ●         | 72,5              | 63  | 22  | 40 | 10,4 | 6,3 | 5  |   |   |   |   | +                      | 1,1  |
| 80A06R-S45OD06D  | ●         | 89,5              | 80  | 27  | 50 | 12,4 | 7,0 | 6  |   |   |   |   | +                      | 1,3  |
| 100A07R-S45OD06D | ●         | 109,5             | 100 | 32  | 50 | 14,4 | 8,0 | 7  |   |   |   |   | +                      | 2,0  |
| 125A08R-S45OD06D | ●         | 134,5             | 125 | 40  | 63 | 16,4 | 9,0 | 8  |   |   |   |   | +                      | 2,7  |
| 160C09R-S45OD06D | ●         | 169,5             | 160 | 40  | 63 | 16,4 | 9,0 | 9  |   |   |   |   |                        | 6,0  |

1.2 Obr. č. 21. Fréza 160C09R-S45OD06D [4]



| Velikost<br>Velikost | d      | s    | d <sub>1</sub> |  |  |
|----------------------|--------|------|----------------|--|--|
| 0504                 | 12,700 | 4,76 | 4,4            |  |  |
| 0605                 | 15,875 | 5,56 | 5,5            |  |  |
|                      |        |      |                |  |  |
|                      |        |      |                |  |  |
|                      |        |      |                |  |  |
|                      |        |      |                |  |  |
|                      |        |      |                |  |  |
|                      |        |      |                |  |  |
|                      |        |      |                |  |  |

Nástroje viz str. / Nástroje viz str.: 32

| Utvařec<br>Utvařec | ISO          | ANSI          | Materiály |      |      |      |      |      |  |  |  |  | Rádus<br>r <sub>c</sub> | Posuv na zub     |                  | Hloubka řezu<br>Hloubka řezu |                    |
|--------------------|--------------|---------------|-----------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|-------------------------|------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
|                    |              |               | 2215      | 2230 | 5026 | 8026 | 8230 | 8240 |  |  |  |  |                         | f <sub>min</sub> | f <sub>max</sub> | a <sub>p min</sub>           | a <sub>p max</sub> |
|                    | ODMT 0504ZZN | ODMT-3ZZN     | ●         | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |  |  |  |  |                         | 0,12             | 0,40             | 1,00                         | 7,30               |
|                    | ODMT 0605ZZN | ODMT-(3.5)ZZN | ●         | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |  |  |  |  |                         | 0,15             | 0,45             | 1,00                         | 8,60               |
|                    |              |               |           |      |      |      |      |      |  |  |  |  |                         |                  |                  |                              |                    |
|                    |              |               |           |      |      |      |      |      |  |  |  |  |                         |                  |                  |                              |                    |

Obr.č.22 VBD ODMT 0605ZZN [4]

Hlavní přínos pro změnu velikosti měrného řezného odporu oproti použité v prvním případě má v první řadě zvětšení posuvu na zub, což představovalo max. 0,15 nyní 0,45. Dále se i změnil poměr  $a_e/D$ . Použije se vztah (4.3) a dopočítá se.

$$h_m = f_z \sin \kappa_r \sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

$f_z$  ...posuv na zub[mm],  $f_z \max = 0,45$  mm (dáno výrobcem)

$\kappa_r$  ...úhel nastavení hlavního ostří [°],  $\kappa_r = 45^\circ$

$a_e$  ...radiální hloubka řezu [mm],  $a_e = 40$ mm

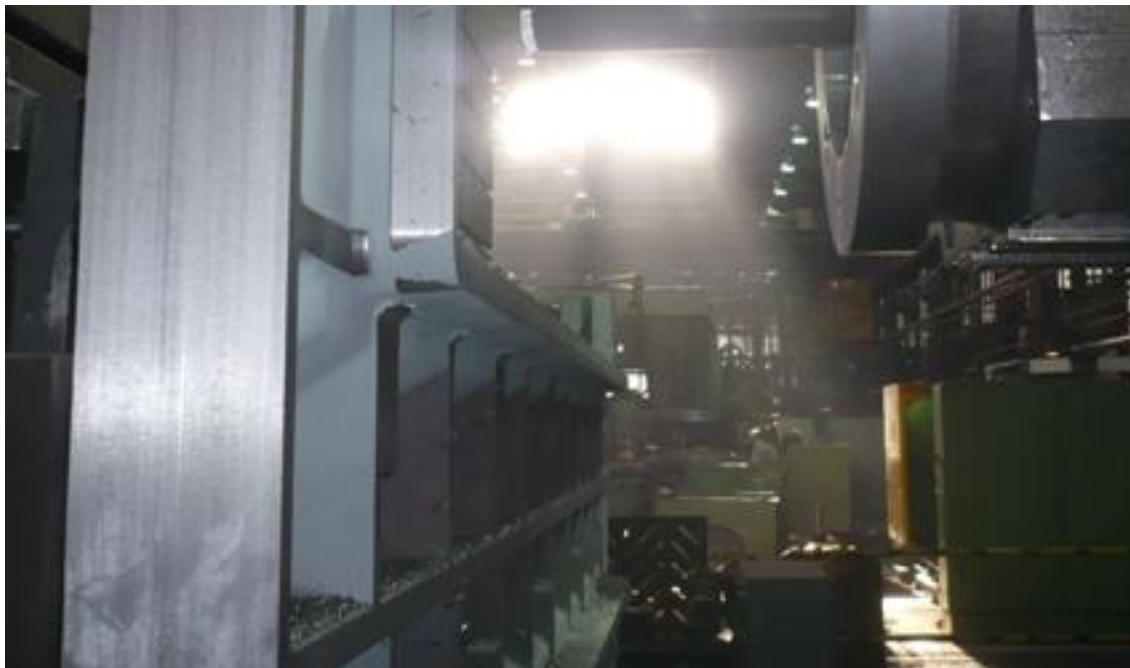
$D$  ...průměr nástroje [mm],  $D = 160$ mm

$$h_m = 0,45 \sin 45^\circ \sqrt{\frac{40}{160}}$$

**$h_m = 0,16$  mm**

Dle dostupné literatury je řezný odpor pro materiál ze šedé litiny s tvrdostí HB 220 pro  $h_m = 0,15$  roven cca. **1700 MPa**, tudíž pro  $h_m = 0,16$  bude ještě nižší.

Tato varianta se při problému opracování úzkých žeber projevila při porovnání s jinými možnostmi v podmínkách firmy jako nejlepší. Na obrázku č. 23. je znázorněno opracování žeber odlitku. Při stejné radiální hloubce řezu  $a_e=40$  mm bylo použito posuvové rychlosti  $v_f = 770 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  a otáček  $n = 210 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ .



*Obr. č. 23. Opracování žeber*

Z důvodu obsáhlých výpočtů se neprovede analýza opracování celé žebrované plochy jak je patrné na výkrese v příloze č. 1 v pohledu P (tato plocha je patrná i na obrázku č.23), ale jen porovnání opracování dvou podélných žeber o délce 3639 mm. Jsou to plochy při kterých činila velikost radiální šířky záběru  $a_e = 40$  mm. Právě touto šířkou záběru už bylo pojednáno v kapitole 5.4 týkající se volby záběrových podmínek. Takže je to i účel. Při frézování ostatních ploch tohoto typu se střídaly záběry frézovací hlavy od využití celého průměru nástroje anebo jen části podle toho, v které pozici se zrovna nachází a je to komplikovanější. Samozřejmě tento výpočet se může provést i dle dílenského normativu anebo přímo metodou pracovního snímku. K výpočtům se použijí vztahy, se kterými se už dříve pracovalo a další parametry jsou dány výrobcí porovnávaných nástrojů. Nejdříve bude spočítán jednotkový strojní čas  $t_{AS}$  (5.4) dosažený u obou porovnávaných frézách a následně budou analogicky dle výpočtů v kapitole 6.1. prováděny rovněž výpočty nákladů, viz kapitola 6.3.



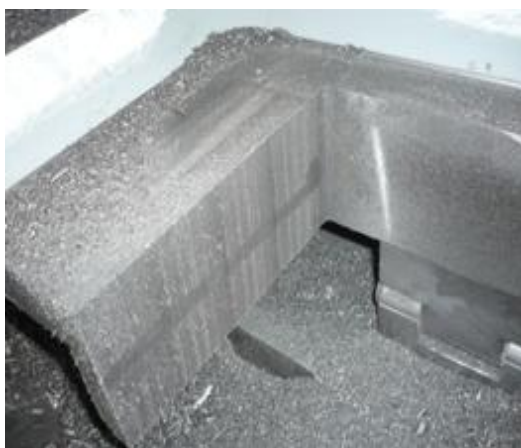
## 5.6 Využití efektivnějšího přípravku

Úkosy znázorněny řezu A - A na výkrese viz příloha č. 1. nelze vzhledem k rozměru opracovat upnutím k úhelníku a nastavení požadovaného udaje ve stupních pootočením pracovního stolu. Rovněž na daném stroji není ve vybavení úhlová frézovací hlava. Při dané výrobní dávce se výroba univerzálnějšího přípravku než byl používán při opracování v malých výrobních dávkách projeví jako přínos v podobě úspory vedlejších časů  $t_{AV}$ , což je čas upínání a v neposlední řadě taktéž k samotnému zjednodušení této operace. Přípravek definujeme jako výrobní prostředek, který svou funkcí umožňuje dodržet určitou polohu opracované součásti proti použitému nástroji. Poloha ustavení obrobku během operace se nesmí měnit a rovněž výměna se musí uskutečnit snadno rychle a bez obtíží.

Dle úkolů, které plní se v praxi dělí do tří skupin:

1. Orientují ustavení obrobku.
2. Zvyšují produktivitu práce.
3. Rozšiřují vybavení stroje [12]

Výkres znázorňující navržený a vyrobený přípravek je znázorněn v příloze 3. Na následujícím obrázku č. 24 je zobrazena opracovaná úkosová plocha a pod obrobkem jsou tři tyto přípravky, které pomocí vloženého čepu umožní dodržet předesazený úhel opracované plochy. Na vedlejším obr. č. 25 je přípravek bez čepu a v této pozici se opracovávají ostatní plochy. Klíny, používané viz kapitola č.4 a obr.č.13 bylo nutno zcela vyjmout z pod obrobku a to pomocí jeřábu. Současné řešení poskytuje použití k nadzvednutí pouze menší hydraulickou panenku. Tímto je i zabezpečena lepší bezpečnost při operaci upínání. Touto změnou nedošlo k výrazným úsporám, ale i tato zdánlivá maličkost se promítne v snížení nákladů, což je hlavně díky této výrobní dávce zrealizováno.



Obr. č. 24 Opracování úkosu



Obr.č.25 Přípravek v nulové poloze

## 6. Technicko – ekonomické zhodnocení

### 6.1. Náklady při použití nástroje z RO

Některé vztahy a výpočty už byly použity a vypočteny v předešlých kapitolách. Zbývající budou dopočítány. Celkové výrobní náklady  $N_c$  se vyjádří jako součet dílčích složek:

$$N_c = N_s + N_v + N_{nv} \quad (6.1) \quad [1]$$

$N_s$  ... náklady na strojní práci [Kč]

$N_v$  ... náklady na vedlejší práci [Kč]

$N_{nv}$  ... náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jeden kus [Kč]

$$N_s = t_{AS} \cdot N_{sm} \quad [Kč] \quad (6.2) \quad [1]$$

$N_{sm}$  ... náklady na minutu strojní práce [Kč]

$$N_v = t_{AV} \cdot N_{vm} \quad [Kč] \quad (6.3) \quad [1]$$

$t_{AV}$  ... jednotkový vedlejší čas [min]

$N_{vm}$  ... náklady na minutu vedlejší práce

Ve výpočtu se použije  $N_{vm} \cong N_{sm}$ , neboť v podniku při výpočtech je realizován tento postup.

$$N_{nv} = N_T \cdot z_v \quad [Kč] \quad (6.4) \quad [1]$$

$N_T$  ... náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jednu trvanlivost

$z_v$  ... počet výměn vztažený na obrobek jednoho kusu

$$z_v = \frac{t_{AS}}{T} \cdot \tau \quad [-] \quad (6.5) \quad [1]$$

$$\tau = L/l \quad [-] \quad (6.6) \quad [1]$$

V páté kapitole jsou už spočítány tyto hodnoty:

$$T = 267 \text{ min}$$

$$N_T = 1090 \text{ Kč}$$

$$l = 4600 \text{ mm}$$

$$L = 4659 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = 116,5 \text{ min (nutno násobit 2 – spočítána pouze jedna strana)}$$

$$t_{AS} = 233 \text{ min}$$

$$N_{sm} = 19,78 \text{ Kč (sazba použitého stroje za minutu)}$$

$$t_{AV} = 30 \text{ min (stanoveno dle dílenského normativu)}$$

**Zbývá dopočítat:**

$$\tau = L/l$$

$$\tau = \frac{4659}{4600}$$

$$\tau = \underline{\underline{1,012}}$$

$$z_v = \frac{t_{AS}}{T} \cdot \tau$$

$$z_v = \frac{233}{267} \cdot 1,012$$

$$\underline{\underline{z_v = 0,88}}$$

$$N_{nv} = 1090 \cdot 0,88$$

$$\underline{\underline{N_{nv} = 959,2 \text{ Kč}}}$$

$$N_v = t_{AV} \cdot N_{sm}$$

$$N_v = 30 \cdot 19,78$$

$$\underline{\underline{N_v = 593 \text{ Kč}}}$$

$$N_s = t_{AS} \cdot N_{sm}$$

$$N_s = 233 \cdot 19,78$$

$$\underline{\underline{N_s = 4609 \text{ Kč}}}$$

$$N_c = N_s + N_v + N_{nv}$$

$$N_c = 4609 + 593 + 959$$

$$\underline{\underline{N_c = 6161 \text{ Kč}}}$$

Tento výpočet je pouze pro jeden kus pro počet kusů 156 bude výsledek **961116 Kč.**

## 6.2 Náklady při použití nástroje s VBD

Použije se stejných vztahů a rovněž již spočítaných hodnot pro použitý nástroj v kapitole 5.3.

$$T = 39,3 \text{ min}$$

$$N_T = 1418 \text{ Kč}$$

$$l = 4600 \text{ mm}$$

$$L = 4659 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = 41,4 \cdot 2$$

$$\underline{t_{AS} = 82,8 \text{ min}}$$

$$N_{sm} = 19,78 \text{ Kč}$$

$$t_{AV} = 30 \text{ min}$$

$$\tau = 1,012$$

$$z_v = \frac{t_{AS}}{T} \cdot \tau$$

$$z_v = \frac{82,8}{39,3} \cdot 1,012$$

$$\underline{z_v = 2,13}$$

$$N_{nv} = N_T \cdot z_v$$

$$N_{nv} = 1418 \cdot 2,13$$

$$\underline{N_{nv} = 3020 \text{ Kč}}$$

$$\underline{N_v = 593 \text{ Kč}}$$

$$N_s = t_{AS} \cdot N_{sm}$$

$$N_s = 82,8 \cdot 19,78$$

$$\underline{N_s = 1638 \text{ Kč}}$$

$$N_c = N_s + N_v + N_{nv}$$

$$N_c = 3020 + 1638 + 593$$

$$\underline{N_c = 5251 \text{ Kč}}$$

Pro 156 kusů odlitku jsou náklady spočítány pro frézování oboustranného prizmatického vybrání 819156 Kč. **Rozdíl činí 141960 Kč** ve prospěch dražšího nástroje vyrobeného na zakázku.

### 6.3 Zhodnocení nákladů v závislosti na geometrii nástroje

#### a) fréza F90SD D200-60-12

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \cdot i \quad [\text{min}]$$

$$L = l + l_n + l_p$$

$$l = 3639 \text{ mm}$$

$$l_n = \sqrt{\left(\frac{D^2}{2}\right) - \left(\frac{D}{2} - h\right)^2} + (2 \div 5) \quad [\text{mm}]$$

$$D = 200 \text{ mm}$$

$$l_p = 5 \text{ mm}$$

$$h = 6 \text{ mm}$$

$$l_n = \sqrt{\left(\frac{200^2}{2}\right) - \left(\frac{200}{2} - 6\right)^2} + 5$$

$$l_n = 110,6 \text{ mm}$$

$$i = 2$$

$$L = 110,6 + 3639 + 5$$

$$L = 3754,6 \text{ mm}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$f_z = 0,15 \text{ mm} \cdot \text{zub}^{-1}$$

$$n = 180 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$z = 13$$

$$v_f = 0,15 \cdot 13 \cdot 180$$

$$\underline{v_f = 350 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}}$$

$$t_{AS} = \frac{3754,6}{350} \cdot 2$$

$$t_{AS} = 21,45 \text{ min}$$

$$\text{Pro obě žebra je čas } \underline{t_{AS} = 42,90 \text{ min}}$$

#### b) fréza 160C09R-S450D06D

$$D = 160 \text{ mm}$$

$$l = 3639 \text{ mm}$$

$$l_p = 5 \text{ mm}$$

$$h = 6 \text{ mm}$$

$$l_n = \sqrt{\left(\frac{160^2}{2}\right) - \left(\frac{160}{2} - 6\right)^2} + 5$$

$$l_n = 90,5 \text{ mm}$$

$$L = 3639 + 5 + 90,5$$

$$L = 3734,5 \text{ mm}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$f_z = 0,41 \text{ mm.zub}^{-1}$$

$$n = 210 \text{ ot.} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$z = 9$$

$$v_f = 0,41 \cdot 9 \cdot 210$$

$$\underline{v_f = 770 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}}$$

$$i = 2$$

$$t_{AS} = \frac{3734,5}{770} \cdot 2$$

$$t_{AS} = 9,7 \text{ min}$$

Pro obě žebra je čas  **$t_{AS} = 19,4 \text{ min.}$**

Časy jednotkových vedlejších časů se nijak podstatně nemění a pro základní porovnání nákladů při použití nástroje, který umožňuje oproti stávajícímu nástroji změnu záběrových podmínek, stačí již spočítaný jednotkový strojní čas vynásobit minutovou sazbou stroje a počtem kusů. Vztahy (6.1) a (6.2) pro toto srovnání se upraví na podobu:

$$N_c = N_{sm} \cdot t_{AS} \cdot k_s$$

a) fréza F90SD D200-60-12

$$N_c = 19,78 \cdot 42,9 \cdot 156$$

$$\underline{N_c = 132\,376 \text{ Kč}}$$

b) fréza 160C09R-S450D06D

$$N_c = 19,78 \cdot 19,4 \cdot 156$$

$$\underline{N_c = 59\,862 \text{ Kč}}$$

Rozdíl spočítaný tímto zjednodušením činí **72 514 Kč**. Pro lepší názornost je uvedena následující tabulka s uvedenými hodnotami, které charakterizují úspory v nově navrženém postupu výroby. Veškeré údaje jsou vztaženy na jeden kus.

Tab. 4 Porovnání nákladů

| Obráběná část<br>odlitku | Náklady na 1 ks [Kč/ks] |                           | Snížení<br>nákladů<br>[%] |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                          | Stávající<br>výroba     | Racionalizovaná<br>výroba |                           |
| Prismatické vybrání      | 6161                    | 5251                      | 14,7                      |
| Žebra                    | 849                     | 384                       | 57,7                      |

V tabulce nejsou zobrazeny úspory týkající se využití nově navrženého a vyrobeného přípravku, který je částečně patrný na obrázcích č. 24 a 25, jako sestava je znázorněn v příloze č.3. Přípravků bylo k výrobě nutno celkem tři kusy, kladného rozdílu nákladů na výrobu a úspory vyjádřené snížením času upínání bylo dosaženo jen díky celkovému počtu obráběných kusů. Celková částka činí cca 10 000 Kč. Ovšem nelze opomenout technický význam, kterým je především usnadnění manipulace s obrobkem při nastavení polohy nutné k opracování. Vzhledem k jeho rozměrům, nejsou zvýšené požadavky na prostor k uložení, bude opět využit při zakázkách, byť už jen v malých sériích.

## 7. Závěr

Výrobní náklady tvoří největší složku z konečné ceny výrobku a ta činí zhruba 40%. Technologie obrábění v rámci všech výrobních technologií představuje 40% pracnosti, tudíž má naprosto rozhodující podíl. Je brána jako dokončovací a proto náklady spojené s rostoucí přesností (IT a Ra) rostou progresivně nikoliv lineárně. V dnešní době se často hledá cesta ke snižování nákladů v nákupu levných nástrojů, což samozřejmě není správná cesta. Náklady na řezné nástroje představují cca 3% z konečné ceny výrobku. Takže při úspoře 30% za nástroj, celková úspora v nákladech činí pouze 1%. Naproti tomu optimalizace řezného procesu vede k podstatně větším úsporám nákladů. Na následujícím obrázku č.26 jsou hlavní kroky k optimalizaci.

**Hlavní zásady optimalizace**

- ☐ **OPTIMÁLNÍ TRVANLIVOST**
  - ☐ pro soustružení **10 – 60 min**
  - ☐ pro frézování **30 – 60 min**
  - ☐ (čím dražší rež. hodina tím méně)
- ☐ **ZÁSADY PRO VOLBU NÁSTROJE**
  - ☐ volit co možná **nejotěruvzdornější materiál**
  - ☐ volit geometrii s co možná **nejmenším řezným odporem umožňující max. posuv**
  - ☐ volit tvar s co možná **největším úhlem špičky největším počtem břitů**
  - ☐ volit VBD co **možná nejmenší**
- ☐ **ZÁSADY PRO VOLBU ŘEZNÝCH PODMÍNEK**
  - ☐ volit max. hloubku řezu
  - ☐ nelze-li změnit hl. řezu snažit s o dosažení max. posuvu
  - ☐ teprve není-li vyhnutí zvyšujeme řeznou rychlost

Obr. č. 26. Zásady optimalizace [9]

V úvodní části této diplomové práce bylo pojednáno o okolnostech za kterých ocelářská společnost TŽ –MS připravovala GO svého důležitého provozu koksovny. Začínající hospodářská recese se na poklesu cen projevila u většiny válcovaných výrobků. Tento stav ještě znásobil požadavky majoritních vlastníků na zúčastněné kooperující firmy na dodržení termínu zhotovení a rovněž tlak na nízké ceny.

Základním úkolem této diplomové práce je najít efektivní řešení při obrábění litiny. Problematika vlastního obrábění je zaměřena pouze na frézování a popisuje ji druhá kapitola. Vysvětlen je princip tohoto třískového způsobu obrábění doplněný názornými



obrázky, které pomohou lépe pochopit základní charakteristiku. Je zde i provedeno hlavní rozdělení nejpoužívanějších řezných materiálů pro obrábění litiny a těmi jsou povlakované SK.

V následující kapitole je popisován jeden z vybraných komponentů uvedeného technologického zařízení na výrobu koksu. Je jím odlitek obkládací desky, která je součástí obložení koksové baterie a chrání ji proti poškození vlivem tepelných dilatací. Tento je po odlití ve slévárně ještě žhán za účelem snížení vnitřního pnutí, ošetřen základním nátěrem a odeslán k opracování.

Materiál odlitku je šedá litina s novým označením GJL. Je popsána následně společně s ostatními druhy litin podrobněji a doplněním jsou obrázky přímo z odlévání opracovávaného odlitku.

Následuje kapitola rozebírající dosavadní způsob výroby. Analýza současného stavu, která proběhla technology na pracovišti, pomohla najít řešení jak se vyvarovat nedostatkům a stanovit efektivnější postupy při současných požadavcích na výrobu. Jeden spočíval v náhradě upravovaného nástroje z RO pro frézování tvarového vybrání, nástrojem vyrobeným výrobcem speciálně pro tento účel. Dalším nedostatkem se ukázala nesprávná volba nástroje při konkrétních podmínkách. Tento nedostatek bývá ale často zapříčiněn z důvodu neznalosti nebo nezodpovědnosti obsluhy stroje. V tomto konkrétním případě nutno ale dodat, že se nejedná o srovnávání a upřednostňování jednoho výrobce s nářadím před druhým. Oba zmínění výrobci jak Pramet tak Iscar disponují s kvalitním a rozsáhlým sortimentem fréz tak i VBD. Zde se ukázalo pouze, že použití rohové frézy je výhodné pouze tam, kde je potřeba a následné frézování úzkých žeber, za použití dané geometrie břitů způsobilo vysoké časy opracování. Z tohoto důvodu nebyly použity při výpočtech jak v prvním případě kompletní výpočty zohledňující náklady na nástroje. Poslední změnou přispívající k urychlení a usnadnění výroby byl návrh a zhotovení univerzálnější pomůcky, která slouží k nastavení polohy odlitku při opracování úkosu.

Lze konstatovat, že díky všem zde zmíněným změnám, z nichž dvě byly počítané a porovnáváné s opakovanou výrobou, bylo dosaženo vytyčeného cíle, kterým je snižování nákladů. Získané poznatky a zkušenosti rovněž vždy přinesou cenné rady jak se vyvarovat chybám při dalších zakázkách obdobného charakteru.

## 8. Použitá literatura a studovaný materiál

- [1] KOCMAN, Karel; PROKOP Jaroslav.: *Technologie obrábění*, Brno: VUT Brno 2009. 270 stran. ISBN 80-214-3068-0
- [2] BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; SADÍLEK, Marek; PETŘOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ, Jana. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2007 Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archived/FS/NSPO>. ISBN 987-80-248-1505-3.
- [3] ROUČKA, Jaromír.: *Metallurgie litin*, FS VUT Brno 1998. 1. vydání. 166 stran. ISBN 80-214-1263-1
- [4] PRAMET TOOLS.: *Frézování 2009*. Šumperk: Firma Pramet Tools, s.r.o., 2009[6]
- [5] ISCAR Cutting Tools. Dostupné na :  
<http://www.iscar.com/ecat/open.asp/lang/EN/ECommerce/N/GFSTYP/M/Multlang/Y>
- [6] MÁDL, Jan; KVASNIČKA, Ivo.: *Optimalizace obráběcího procesu*. ČVUT Praha 1998. 168 stran. ISBN 80-01-01864-6
- [7] HUMÁR, Anton.: *Materiály pro řezné nástroje*. Brno: MM Publishing Praha, 2008, 235 stran. ISBN 978-80-254-2250-2
- [8] Prospekty, firemní materiály – Třinec: Strojírny Třinec 2009
- [9] Interní informační materiál PRAMET TOOLS s.r.o.: *ŠKOLENÍ PRAMET 2004* (TYP „C“ ODBORNÍK)
- [10] VAŇÁK, Antonín.: *Technologie frézování*. Šumperk, 2007 Název projektu: Tvorba a realizace vzdělávacích programů pro svařování kovů, obrábění kovů: Dostupné na:  
[http://www.sossou-spk.cz/esf/TEC\\_fr.pdf](http://www.sossou-spk.cz/esf/TEC_fr.pdf)
- [11] BILÍK, Oldřich.: *Obrábění I*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2001. 130 stran. ISBN 80-7078-811-9
- [12] MRKVICA, Miloš.: *Přípravky a obráběcí nástroje – 1. díl*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. 192 stran. ISBN 80-7078-941-7
- [13] BILÍK, Oldřich; KUBIŠ, Miroslav.: *Návody ke cvičení z teorie obrábění*. Ostrava, 1991. 131 stran. ISBN 80-7078-121-1
- [14] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část - Nástrojové materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 stran ISBN-80-968954-2-7

## **9. Seznam příloh**

|              |   |
|--------------|---|
| Příloha č. 1 | Výkres obráběného odlitku KN-1-0014-09    |
| Příloha č. 2 | Výkres frézy 651/09                       |
| Příloha č. 3 | Výkres upínacího přípravku MD-3-1038-09/R |